



TUGAS AKHIR - RE 141581

**PERENCANAAN SISTEM PENYALURAN AIR
LIMBAH DOMESTIK (SPALD) DAN INSTALASI
PENGOLAHAN AIR LIMBAH DOMESTIK (IPALD)
DI KECAMATAN KRIAN KABUPATEN
SIDOARJO**

AHMAD SHODIQ
NRP 3312100068

Dosen Pembimbing
Ir. Eddy Setiadi Soedjono, Dipl.S.E.,M.Sc.,Ph.D

DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan, dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2018



TUGAS AKHIR - RE 141581

**PERENCANAAN SISTEM PENYALURAN AIR
LIMBAH DOMESTIK (SPALD) DAN INSTALASI
PENGOLAHAN AIR LIMBAH DOMESTIK (IPALD)
DI KECAMATAN KRIAN KABUPATEN
SIDOARJO**

AHMAD SHODIQ
NRP 3312100068

Dosen Pembimbing
Ir. Eddy Setiadi Soedjono, Dipl.S.E.,M.Sc.,Ph.D

DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan, dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2018



FINAL PROJECT - RE 141581

THE DESIGN OF DOMESTIC SANITARY SEWAGE AND WASTEWATER TREATMENT PLANT IN KRIAN, SIDOARJO

AHMAD SHODIQ
NRP 3312100068

Supervisor
Ir. Eddy Setiadi Soedjono, Dipl.S.E.,M.Sc.,Ph.D

DEPARTMENT OF ENVIRONMENTAL ENGINEERING
Faculty of Civil, Environmental, and Geo Engineering
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2018

LEMBAR PENGESAHAN

PERENCANAAN SISTEM PENYALURAN AIR LIMBAH DOMESTIK (SPALD) DAN INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH DOMESTIK (IPALD) DI KECAMATAN KRIAN KABUPATEN SIDOARJO

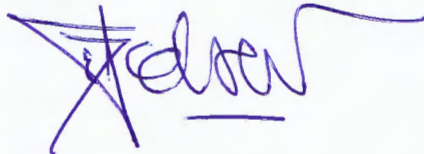
TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada
Program Studi S-1 Departemen Teknik Lingkungan
Fakultas Teknik Sipil Lingkungan dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

AHMAD SHODIQ
NRP 3312100068

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir.



Ir. Eddy Setiadi Soedjono, Dipl. S.E., M.Sc., Ph.D

NIP : 19600308 198903 1 001



**Perencanaan Sistem Penyaluran Air Limbah Domestik
(SPALD) dan Instalasi Pengolahan Air Limbah Domestik
(IPALD) di Kecamatan Krian Kabupaten Sidoarjo**

Nama Mahasiswa : Ahmad Shodiq
NRP : 3312100068
Jurusan : Teknik Lingkungan
Dosen : Ir. Eddy Setiadi Soedjono, Dipl.S.E.,
Pembimbing : M.Sc., Ph.D

ABSTRAK

Sebanyak 8,76% rumah tangga di Kecamatan Krian melakukan perilaku Buang Air Besar Sembarang (BABS). Kondisi tersebut belum memenuhi target RPJMN tahun 2019 meliputi pelayanan 100% sektor sanitasi. Selain itu, target pelayanan air limbah domestik di Krian dengan Instalasi Pengolahan Air Limbah Domestik (IPALD) belum terpenuhi oleh Pemerintah Kabupaten Sidoarjo.

Perencanaan dilakukan pada Desa Terungwetan, Desa Terungkulon, Desa Jerukgamping, Desa Gamping, Desa Terik, dan Desa Kraton. Perencanaan ini menggunakan proyeksi penduduk metode geometri dengan periode perencanaan 5 tahun. Pemetaan terhadap penduduk berperilaku BABS dilakukan sebelum merencanakan Sistem Penyaluran Air Limbah (SPALD) dan IPALD. SPALD yang digunakan adalah *shallow sewer* dengan unit pengolahan berupa *Anaerobic Baffled Reactor (ABR)*. Analisis biaya dihitung menggunakan HSPK Kota Surabaya 2017 meliputi biaya pembangunan serta biaya operasional dan perawatan selama 5 tahun.

Hasil perhitungan menunjukkan kebutuhan untuk 2-3 unit ABR untuk masing-masing wilayah. Rentang dimensi ABR mencakup lebar 3,4 – 4,5 m; panjang 17,2 – 14,5 m; dan tinggi bangunan 3,4 – 3,7 m. Jumlah kompartemen ABR bervariasi antara 5-6 ruang per unit ABR. Kebutuhan biaya pembangunan bervariasi antara Rp 1.023.060.258,- hingga Rp 3.016.936.783,-. Sementara itu, kebutuhan biaya operasional bervariasi antara Rp 87.519.024,- hingga Rp 138.580.800,-.

Kata Kunci: Air Limbah, ABR, Krian, Perencanaan, Shallow Sewer

“Halaman ini sengaja dikosongkan.”

The Design of Domestic Sanitary Sewage and Wastewater Treatment Plant In Krian, Sidoarjo.

Students : Ahmad Shodiq
NRP : 3312100068
Department : Environmental Engineering
Supervisor : Ir. Eddy Setiadi Soedjono, Dipl.S.E., M.Sc.,
Ph.D

ABSTRACT

In 2016, 8,76% household of Krian are practicing open defecation. Meanwhile, the RPJMN goal for 100% sanitation services need to be done by 2019. Sidoarjo Government has set Krian to be included in domestic wastewater treatment Plant (WWTP) services. Currently, There is only 1 WWTP in Krian's slaughterhouse. Thus, this design is written to cope with the WWTP shortage in Krian by providing design of domestic sanitation sewerage and wastewater treatment plant.

Planning was held in Terungwetan, Terungkulon, Jerukgamping, Gamping, Terik, Kraton. The geometric population forecast method is used by 5 years planning period. The household which are practicing open defecation are mapped. The shallow sewer system is used for this design. Subsequently, ABR is designed as main WWTP. The budget plan calculation consist of construction cost and 5 years operating cost based on HSPK Surabaya 2017.

The calculation show that 2-3 units ABR with 4-5 compartements are needed in each zone. The length, widht, and heght varies form 14,5-17,2 m; 3,4-4,5 m; and 3,4-3,7m. Construction cost varied from antara Rp 1.023.060.258,- hingga Rp 3.016.936.783,- while the operating cost varied from Rp 87.519.024,- up to Rp 138.580.800,-. per year.

Keywords: ABR, Design, Krian, Shallow Sewer, Wastewater

“Halaman ini sengaja dikosongkan.”

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Allah SWT yang memberikan rahmat dan hidayah-Nya sehingga laporan tugas akhir dengan judul **“Perencanaan Sistem Penyaluran Air Limbah Domestik (SPALD) dan Instalasi Pengolahan Air Limbah Domestik (IPALD) di Kecamatan Krian Kabupaten Sidoarjo”** ini dapat terselesaikan. Tidak dapat dipungkiri tantangan dan permasalahan timbul dalam proses pengerjaan tugas akhir ini. Dalam kesempatan ini, penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih kepada:

1. Bapak Ir. Eddy Setiadi Soedjono, Dipl.SE., M.Sc., Ph.D. selaku dosen pembimbing yang telah membimbing dan memberi masukan dalam penyusunan tugas akhir.
2. Bapak Dr. Ir. Mohammad Razif, M.M, Ibu Ir. Atiek Moesriati, M.Kes, dan Ibu Ipung Fitri Purwanti S.T, M.T., Ph.D selaku dosen penguji yang telah banyak memberi masukan dan saran dalam penyusunan tugas akhir.
3. Keluarga yang selalu memberikan motivasi dan dukungan – dukungan dalam bentuk lain selama masa perkuliahan di Teknik Lingkungan.
4. Teman – teman yang telah membantu memberikan semangat dan partisipasi tenaga.
5. Seluruh pihak yang secara langsung maupun tidak langsung berpartisipasi dalam penyusunan tugas akhir.

Penulis berharap semoga laporan ini dapat bermanfaat bagi pihak – pihak yang membutuhkan. Terutama menjadi referensi dalam permasalahan air limbah domestik di Kecamatan Krian, Kabupaten Sidoarjo.

Surabaya, Oktober 2017

Penulis

“Halaman ini sengaja dikosongkan.”

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN.....	I
ABSTRAK	III
KATA PENGANTAR	VII
DAFTAR ISI.....	IX
DAFTAR LAMPIRAN	XIII
DAFTAR TABEL	XV
DAFTAR GAMBAR	XVII
DAFTAR SINGKATAN	XIX
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 LATAR BELAKANG.....	1
1.2 RUMUSAN MASALAH	2
1.3 TUJUAN	3
1.4 RUANG LINGKUP.....	3
1.5 MANFAAT.....	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 AIR LIMBAH DOMESTIK	5
2.1.1 <i>Karakteristik Air Limbah Domestik</i>	5
2.1.2 <i>Baku Mutu Air Limbah Domestik</i>	5
2.2 JUMLAH PENDUDUK.....	6
2.2.1 <i>Penduduk Kecamatan Krian</i>	6
2.2.2 <i>Proyeksi Penduduk</i>	6
2.2.3 <i>Fasilitas Umum</i>	8
2.3 DEBIT AIR LIMBAH DOMESTIK	9
2.4 SISTEM PENGOLAHAN AIR LIMBAH.....	12
2.5 SISTEM PENYALURAN AIR LIMBAH DOMESTIK (SPALD)	12
2.5.1 <i>Shallow Sewer</i>	13
2.5.2 <i>Perhitungan Dimensi Pipa</i>	14
2.6 PENGOLAHAN AIR LIMBAH	15
2.6.1 <i>Neraca Massa</i>	16
2.6.2 <i>Pengolahan Biologis</i>	17
2.6.3 <i>Pengolahan Anaerob</i>	17
2.7.1 <i>Pemilihan Teknologi Pengolahan Air Limbah</i>	21

2.7.2	<i>Anaerobic Baffled Reactor (ABR)</i>	22
2.7.3	<i>Anaerobic Filter (AF)</i>	25
2.8	PENELITIAN PENDAHULUAN	26
BAB 3 GAMBARAN UMUM WILAYAH PERENCANAAN		29
3.1	<i>Kondisi Geografis Kecamatan Krian</i>	29
3.2	<i>Kependudukan Kecamatan Krian</i>	29
3.3	<i>Kondisi Sanitasi Krian</i>	39
3.4	<i>Wilayah Perencanaan</i>	41
3.4.1	<i>Wilayah 1 (Desa Terungwetan dan Desa Terungkulon)</i> ..	42
3.4.2	<i>Wilayah 2 (Desa Jerukgamping)</i>	45
3.4.3	<i>Wilayah 3 (Desa Gamping dan Desa Terik)</i>	46
3.4.4	<i>Wilayah 4 (Desa Kraton)</i>	48
BAB 4 METODE PERENCANAAN		49
4.1	UMUM	49
4.2	KERANGKA PERENCANAAN	49
4.2.1	<i>Ide Perencanaan</i>	49
4.2.2	<i>Studi Literatur</i>	49
4.2.3	<i>Pengumpulan Data</i>	49
4.2.4	<i>Perencanaan SPALD dan IPALD</i>	52
4.2.5	<i>Kesimpulan dan Saran</i>	55
BAB 5 HASIL DAN PEMBAHASAN		57
5.1	PEMILIHAN ALTERNATIF UNIT PENGOLAHAN	57
5.1.2	<i>Pemilihan Alternatif IPALD</i>	60
5.2	PROYEKSI PENDUDUK DAN FASILITAS UMUM	62
5.2.1	<i>Proyeksi Penduduk</i>	62
5.1.2	<i>Proyeksi Fasilitas Umum</i>	67
5.3	BLOK PELAYANAN	68
5.3.1	<i>Wilayah 1</i>	68
5.3.2	<i>Wilayah 2</i>	73
5.3.3	<i>Wilayah 3</i>	73
5.3.4	<i>Wilayah 4</i>	74
5.4	PERHITUNGAN DEBIT AIR LIMBAH	75
5.4.1	<i>Kebutuhan Air Bersih</i>	75
5.4.2	<i>Debit air limbah</i>	76

5.4.3	<i>Pembebanan Saluran Air Limbah</i>	78
5.4.4	<i>Perhitungan Dimensi Pipa Air Limbah</i>	78
5.4.5	<i>Penanaman Pipa</i>	81
5.5.5	<i>Bangunan Pelengkap</i>	83
5.5	KARAKTERISTIK AIR LIMBAH DOMESTIK	85
5.6	INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH DOMESTIK (IPALD)	85
5.6.1	<i>Sumur Pengumpul</i>	85
5.6.2	<i>Pipa Inlet dan Outlet</i>	89
5.6.3	<i>Anaerobic Baffled Reactor (ABR)</i>	90
5.6.4	<i>Neraca Massa</i>	97
5.6.5	<i>Perhitungan Headloss</i>	101
BAB 6 BOQ DAN RAB		105
6.1	SPALD	105
6.1.1	<i>BOQ Perpipaan</i>	105
6.1.2	<i>BOQ Pekerjaan Tanah</i>	107
6.2	BOQ SUMUR PENGUMPUL DAN KOTAK DISTRIBUSI	112
6.2.1	<i>Pekerjaan Persiapan</i>	112
6.2.3	<i>Pekerjaan Pondasi</i>	114
6.2.4	<i>Pekerjaan Struktur</i>	114
6.3	BOQ ABR	118
6.2.1	<i>Pekerjaan Persiapan</i>	119
6.2.3	<i>Pekerjaan Pondasi</i>	120
6.2.4	<i>Pekerjaan Struktur</i>	120
6.3	RAB	124
6.4	OPERASIONAL DAN PERAWATAN	124
BAB 7 KESIMPULAN		147
7.1	KESIMPULAN	147
7.2	SARAN	147
DAFTAR PUSTAKA		149

“Halaman ini sengaja dikosongkan.”

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN A PETA WILAYAH PERENCANAAN.....	I
LAMPIRAN B HASIL PERHITUNGAN.....	XIII
LAMPIRAN C GAMBAR DETAIL.....	XXVII
LAMPIRAN D PENDUKUNG.....	LXXXIII

“Halaman ini sengaja dikosongkan.”

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Baku Mutu Air Limbah Domestik.....	6
Tabel 2. 2 Jumlah Fasilitas Umum di Kecamatan Krian	8
Tabel 2. 3 Standar Kebutuhan Air Domestik.....	10
Tabel 2. 4 Kebutuhan Air Fasilitas Umum	10
Tabel 2. 5 Perbandingan Jenis – Jenis SPALD	13
Tabel 2. 6 Kriteria desain <i>Shallow Sewer</i>	14
Tabel 2. 7 Perbandingan Pengolahan Aerobik dan Anaerobik	17
Tabel 2. 8 Penggunaan Teknologi Pengolahan Air Limbah Proses Anaerob	21
Tabel 3. 1 Jumlah Penduduk Kecamatan Krian.....	30
Tabel 3. 2 Fasilitas Sanitasi Sanitasi di Krian	40
Tabel 3. 3 Pembagian Wilayah yang Mungkin Dilyani SPALD ..	41
Tabel 4. 1 Jenis dan Sumber Data.....	51
Tabel 5. 1 Pemilihan Sistem Penyaluran Air Limbah.....	58
Tabel 5. 2 Pemilihan IPALD	61
Tabel 5. 3 Rasio Korelasi Metode Proyeksi	64
Tabel 5. 4 Pertumbuhan Penduduk Kecamatan Krian	65
Tabel 5. 5 Hasil Proyeksi Penduduk Kecamatan Krian	65
Tabel 5. 6 Hasil Proyeksi Fasilitas Umum	67
Tabel 5. 7 Wilayah Perencanaan SPALD dan IPALD	73
Tabel 5. 8 Pembagian Blok Layanan Wilayah 1	73
Tabel 5. 9 Pembagian Blok Pelayanan Wilayah 2.....	74
Tabel 5. 10 Pembagian Blok Pelayanan Wilayah 3.....	74
Tabel 5. 11 Pembagian Blok Pelayanan Wilayah 4	74
Tabel 5. 12 Kebutuhan Air Bersih Wilayah Perencanaan.....	76
Tabel 5. 13 Debit air limbah per Blok Pelayanan.....	77
Tabel 5. 14 Ukuran Galian Normal Pipa	82
Tabel 5. 15 Ketentuan Jarak Manhole	83
Tabel 5. 16 Kualitas Air Limbah Domestik	85
Tabel 5. 17 Hasil Perhitungan Sumur Pengumpul.....	89
Tabel 5. 18 Hasil Perhitungan Diameter Pipa Inlet dan Outlet	90
Tabel 5. 19 Hasil Perhitungan Neraca Massa ABR	101
Tabel 5. 20 Hasil Perhitungan Unit ABR	103
Tabel 6. 1 Kebutuhan Pipa.....	105
Tabel 6. 2 Rekapitulasi Kebutuhan Pipa.....	106
Tabel 6. 3 Kebutuhan Sambungan.....	106
Tabel 6. 4 Rekap BOQ SPALD Wilayah 1.....	110

Tabel 6. 5 Rekap BOQ SPALD Wilayah 2	110
Tabel 6. 6 Rekap BOQ SPALD Wilayah 3	111
Tabel 6. 7 Rekap BOQ SPALD Wilayah 4	112
Tabel 6. 8 Rekap BOQ Sumur Pengumpul Wilayah 1	115
Tabel 6. 9 Rekap BOQ Sumur Pengumpul Wilayah 2	116
Tabel 6. 10 Rekap BOQ Sumur Pengumpul Wilayah 3	117
Tabel 6. 11 Rekap BOQ Sumur Pengumpul Wilayah 4	118
Tabel 6. 12 Rekap BOQ ABR Wilayah 1	122
Tabel 6. 13 Rekap BOQ ABR Wilayah 2	122
Tabel 6. 14 Rekap BOQ ABR Wilayah 3	123
Tabel 6. 15 Rekap BOQ ABR Wilayah 4	124
Tabel 6. 16 RAB SPALD Wilayah 1	127
Tabel 6. 17 RAB SPALD Wilayah 2	131
Tabel 6. 18 RAB SPALD Wilayah 3	135
Tabel 6. 19 RAB SPALD Wilayah 4	139
Tabel 6. 20 Biaya Operasional dan Perawatan	144

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Debit Infiltrasi Air Limbah.....	11
Gambar 2. 2 Faktor Puncak Air Limbah	12
Gambar 2. 3 Kurva Hidrolis Air Limbah untuk Pipa Berbentuk Lingkaran.....	15
Gambar 2. 4 Skema Proses Anaerob.....	18
Gambar 2. 5 Sketsa Unit IPALD ABR	22
Gambar 2. 6 Reduksi volume sludge berdasar pengurangan	23
Gambar 2. 7 Faktor Penyisihan COD berdasar HRT	24
Gambar 2. 8 Faktor penyisihan BOD berdasar penyisihan COD	24
Gambar 2. 9 Kurva faktor overload	25
Gambar 2. 10 Kurva faktor strength	25
Gambar 2. 11 Kurva faktor temperatur	26
Gambar 2. 12 Kurva faktor HRT	26
Gambar 3. 1 Peta Administratif Krian.....	32
Gambar 3. 2 Peta Topografi Krian	33
Gambar 3. 3 Peta Penggunaan Lahan Krian	35
Gambar 3. 4 Peta Rencana Tata Ruang dan Wilayah di Kecamatan Krian	37
Gambar 3. 5 Rencana lokasi IPALD wilayah 1 (kiri).....	43
Gambar 3. 6 Kondisi jalan wilayah 1(kanan)	43
Gambar 3. 7 Sarana Sanitasi Terungkulon (bawah)	43
Gambar 3. 8 Rencana lokasi IPALD wilayah 2 (kiri).....	46
Gambar 3. 9 Kondisi jalan wilayah 2 (Kanan)	46
Gambar 3. 10 Rencana lokasi IPALD wilayah 3 (kiri).....	47
Gambar 3. 11 Kondisi jalan wilayah 3(kanan)	47
Gambar 3. 12 Rencana Lokasi IPALD wilayah 4 (kiri)	48
Gambar 3. 13 Kondisi jalan wilayah 4(kanan)	48
Gambar 4. 1 Kerangka Perencanaan.....	51
Gambar 5. 1 Blok pelayanan wilayah 1.....	69
Gambar 5. 2 Blok pelayanan wilayah 2.....	70
Gambar 5. 3 Blok pelayanan wilayah 3.....	71
Gambar 5. 4 Blok pelayanan wilayah 4.....	72
Gambar 5. 5 Plot d/D pada kurva hidrolis pipa bundar.....	80
Gambar 5. 6 Plot Qmin/Qfull cek pada kurva hidrolis pipa bundar	81
Gambar 5. 7 Posisi Manhole pada Jalur h1-h.....	84

Gambar 5. 8 Diagram Pengolahan Air Limbah.....	85
Gambar 5. 9 Spesifikasi Pompa Merk Ebara.....	88
Gambar 5. 10 Grafik Nilai HRT terhadap Faktor Pengendapan.....	91
Gambar 5. 11Faktor Penyisihan COD/BOD	92
Gambar 5. 12 Grafik Volume Lumpur per Waktu Pengurasan.....	93
Gambar 5. 13 Kurva Faktor Beban Organik.....	95
Gambar 5. 14 Kurva Faktor Konsentrasi Limbah	95
Gambar 5. 15 Kurva Faktor HRT.....	96
Gambar 5. 16 Kurva Faktor Suhu.....	96
Gambar 5. 17 Persen CH ₄ dalam Biogas.....	99
Gambar 5. 18 Neraca Massa ABR Wilayah 1	100
Gambar 5. 19 Neraca Massa ABR Wilayah 2	100
Gambar 5. 20 Neraca Massa ABR Wilayah 3	100
Gambar 5. 21 Neraca Massa ABR Wilayah 4	101
Gambar 6. 1 Ilustrasi rencana galian pipa.....	108

DAFTAR SINGKATAN

ABR	= <i>Anaerobic Baffled Reactor</i>
AF	= <i>Anaerobic Filter</i>
BABS	= Buang Air Besar Sembarangan
BOD	= <i>Biochemical Oxygen Demand</i>
BOD _e	= <i>Biochemical Oxygen Demand effluent</i>
BOD _i	= <i>Biochemical Oxygen Demand influent</i>
BOQ	= <i>Bill of Quantity</i>
BP	= Bak Pengendap
BPBD	= Badan Penanggulangan Bencana Daerah
BPPN	= Badan Perencanaan Pembangunan Nasional
BPS	= Badan Pusat Statistik
BSB	= Badan Standardisasi Nasional
COD	= <i>Chemical Oxygen Demand</i>
COD _e	= <i>Chemical Oxygen Demand effluent</i>
COD _i	= <i>Chemical Oxygen Demand influent</i>
HSPK	= Harga Satuan Pokok Kegiatan
HRT	= <i>Hydraulic Retention Time</i>
IPALD	= Instalasi Pengolahan Air Limbah Domestik
OLR	= <i>Organik Loading Rate</i>
PUPR	= Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat
RAB	= Rencana Anggaran Biaya
RPJMN	= Rencana Pembangunan Jangka Menengah Nasional
RTRW	= Rencana Tata Ruang Wilayah
SPALD	= Sistem Penyaluran Air Limbah Domestik
TSS	= <i>Total Suspended Solid</i>
TSS _e	= <i>Total Suspended Solid effluent</i>
TSS _i	= <i>Total Suspended Solid influent</i>
UASB	= <i>Upflow Anaerobic Sludge Blanket</i>
WWTP	= <i>Wastewater Treatment Plant</i>

“Halaman ini sengaja dikosongkan.”

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kecamatan Krian, Kabupaten Sidoarjo merupakan daerah industri yang memiliki fungsi pemukiman perkotaan. Di tahun 2016, jumlah penduduk Kecamatan Krian mencapai 123.055 jiwa (Badan Pusat Statistik Kabupaten Sidoarjo, 2017). Meskipun Kecamatan Krian merupakan pusat pengembangan industri dan pemukiman, masih terdapat 8,76% rumah tangga di Krian melakukan praktik BABS (Anonim, 2016). Praktik BABS yang dilakukan adalah pembuangan air limbah domestik langsung ke badan air. Menurut Nanga (2017), kualitas air limbah domestik rata – rata sebesar 162 mg/l untuk parameter BOD, 268 mg/l untuk parameter COD, dan 210 mg/l untuk parameter TSS. Nilai kualitas air limbah tersebut melebihi baku mutu dalam Peraturan Gubernur Jawa Timur No. 72 Tahun 2013 tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Industri dan/atau Kegiatan Usaha Lainnya. Kondisi tersebut menimbulkan pencemaran pada badan air. Salah satu upaya Kabupaten Sidoarjo untuk menekan pencemaran tanah, air tanah, dan air permukaan serta meningkatkan pelayanan pengelolaan air limbah dilakukan dengan pembangunan IPALD (Pokja Sanitasi Kabupaten Sidoarjo, 2012).

Hingga saat ini, fasilitas IPALD di Kecamatan Krian hanya terdapat pada rumah potong hewan Krian. Kondisi tersebut menunjukkan adanya kekurangan fasilitas IPALD untuk pelayanan wilayah permukiman di Krian. Sehubungan dengan hal tersebut, Kecamatan Krian dijadikan wilayah prioritas dalam rencana target pembangunan IPALD dan SPALD yang dicanangkan oleh pemerintah Kabupaten Sidoarjo (Pokja Sanitasi Kabupaten Sidoarjo, 2012). Adapun rencana tersebut sejalan dengan target RPJMN sektor sanitasi meliputi tersedianya 15% sistem air limbah skala kota dan kawasan serta 85% sistem air limbah setempat (Badan Perencanaan Pembangunan Nasional, 2014).

Terdapat 6 desa yang meliputi Desa Terungwetan, Desa Terungkulon, Desa Jerukgamping, Desa Gamping, Desa Terik, dan Desa Kraton dipilih sebagai lokasi perencanaan karena wilayahnya tidak mengalami banjir dari tahun ke tahun (Badan Penanggulangan Bencana Daerah Provinsi Jawa Timur, 2017).

Hal tersebut dilakukan untuk menghindari infiltrasi air tanah ke dalam rencana sistem SPALD dan IPALD. Dalam penentuan lokasi perencanaan, dilakukan pertimbangan penggunaan lahan dan kondisi geografis wilayah sehingga 6 desa tersebut terbagi menjadi 4 wilayah perencanaan dengan skala komunitas. Unit pengolahan *Anaerobic Baffled Reactor* (ABR) dipilih karena kesesuaiannya dalam pelayanan skala komunitas. Selain itu, unit tersebut memiliki kesederhanaan dalam konstruksi dan perawatan, memiliki efisiensi pengolahan tinggi, kebutuhan lahan sedikit, tidak memerlukan listrik maupun tambahan nutrisi, dan dapat menggunakan bahan yang tersedia di sekitar apabila memerlukan perbaikan (Tiley dkk, 2008). Sistem *shallow sewer* digunakan sebagai sistem penyalur air limbah dengan mempertimbangkan kesesuaian kondisi wilayah perencanaan. Di samping itu, sistem ini sesuai untuk digunakan dalam skala kecil dengan kemiringan pipa yang lebih landai (Meteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, 2017). Perencanaan SPALD dan IPALD ini bertujuan sebagai alternatif solusi terhadap permasalahan air limbah di Kecamatan Krian, Kabupaten Sidoarjo. Alternatif solusi dituangkan dalam bentuk perencanaan SPALD, IPALD beserta kebutuhan biaya yang diperlukan pembangunan dan operasional.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang perencanaan pengolahan air limbah ini adalah:

1. Bagaimana persebaran rumah tangga yang berperilaku BABS dan potensi lahan IPALD di Kecamatan Krian, Kabupaten Sidoarjo?
2. Bagaimana rancangan Sistem Penyaluran Air Limbah Domestik (SPALD) di Kecamatan Krian, Kabupaten Sidoarjo?
3. Bagaimana rancangan Instalasi Pengolahan Air Limbah Domestik (IPALD) domestik yang dapat digunakan di Kecamatan Krian?
4. Berapa biaya yang diperlukan untuk pembangunan dan operasi SPALD serta IPALD di Kecamatan Krian, Kabupaten Sidoarjo?

1.3 Tujuan

Tujuan yang ingin dicapai dalam Perencanaan ini adalah:

1. Memetakan sebaran penduduk dengan perilaku BABS dan rencana lokasi IPALD.
2. Merancang SPALD domestik di Kecamatan Krian, Kabupaten Sidoarjo.
3. Merancang IPALD di Kecamatan Krian, Kabupaten Sidoarjo.
4. Menghitung biaya yang diperlukan untuk pembangunan dan operasi SPALD serta IPALD di Kecamatan Krian, Kabupaten Sidoarjo.

1.4 Ruang Lingkup

Adapun ruang lingkup perencanaan mencakup beberapa hal di antaranya:

1. Wilayah studi mencakup Desa Gamping, Desa Jerukgamping, Desa Kraton, Desa Terik, Desa Terungkulon, dan Desa Terungwetan, Kecamatan Krian, Kabupaten Sidoarjo.
2. Pengolahan air limbah mencakup *blackwater* dan *greywater*.
3. Aspek yang ditinjau meliputi aspek teknis yakni *Detailed Engineering Design* (DED) dan aspek finansial berupa estimasi biaya pembangunan dan operasional selama 5 tahun.
4. Data debit diperoleh melalui studi literatur.
5. Kualitas air limbah didasarkan penelitian terdahulu untuk limbah domestik meliputi parameter BOD, COD, dan TSS.
6. Baku mutu air limbah menggunakan Peraturan Gubernur Jawa Timur No. 72 Tahun 2013 tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Industri dan/atau Kegiatan Usaha Lainnya.
7. Perencanaan SPALD dan IPALD menggunakan sistem *shallow sewer* dan *anaerobic baffled reactor*.
8. Perencanaan SPALD dimulai dari manhole Sambungan Rumah (SR).
9. Analisis Biaya menggunakan HSPK Kota Surabaya Tahun 2017.

1.5 **Manfaat**

Adapun manfaat dari perencanaan ini adalah:

1. Memberikan kontribusi ilmiah terhadap permasalahan sanitasi di Kecamatan Krian, Kabupaten Sidoarjo.
2. Sebagai masukan untuk *stakeholder* yang memiliki peran dan fungsi dalam upaya penyehatan masyarakat terutama sektor air limbah.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Air limbah Domestik

Air limbah domestik dihasilkan dari sisa kegiatan rumah tangga, komersial, institusional, serta lokasi wisata. Menurut Tiley dkk (2014), secara umum air limbah domestik dapat dikategorikan menjadi *blackwater* dan *greywater*. *Blackwater* merupakan air limbah yang berasal dari penggelontoran kloset meliputi campuran tinja, urine, serta air gelontor untuk membersihkan tinja. *Greywater* merupakan air yang dihasilkan dari kegiatan dapur, pencucian baju, peralatan rumah tangga lain, serta buang air mandi.

2.1.1 Karakteristik Air Limbah Domestik

Air limbah mengandung polutan dengan karakteristik fisik, kimia, dan biologi seperti suhu, padatan terlarut, dan material organik. Beberapa parameter digunakan untuk mengukur karakter air limbah tersebut seperti:

a) TSS (*Total Suspended Solids*)

TSS disebut juga padatan tidak tersaring. Hal ini disebabkan karena ukuran partikelnya relatif besar sehingga tidak dapat menembus kertas saring.

b) BOD (*Biochemical Oxygen Demand*)

BOD mengukur oksigen yang dikonsumsi mikroorganisme untuk stabilisasi material organik biodegradable.

c) COD (*Chemical Oxygen Demand*)

COD mengukur total oksigen yang diperlukan mikroorganisme untuk stabilisasi zat organik.

BOD dan COD merupakan metode tidak langsung dalam pengukuran material organik.

2.1.2 Baku Mutu Air Limbah Domestik

Baku mutu air limbah domestik untuk pemukiman ditetapkan dalam Peraturan Gubernur Jawa Timur No. 72 Tahun 2013 tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Industri dan/atau Kegiatan Usaha Lainnya. Tujuan penetapan baku mutu adalah pencegahan pencemaran badan air dan upaya perwujudan mutu badan air sesuai peruntukannya. Oleh karena itu, konsentrasi air

limbah domestik harus berada di bawah nilai konsentrasi baku mutu. Nilai baku mutu air limbah domestik pada Peraturan Gubernur Jawa Timur No 72 Tahun 2013 terdapat pada Tabel 2.1.

Tabel 2. 1 Baku Mutu Air Limbah Domestik

BAKU MUTU AIR LIMBAH DOMESTIK Volume Limbah Cair Maksimum 120 L / orang hari		
Parameter	Konsentrasi	Kisaran Nilai
BOD ₅	mg/l	30
COD	mg/l	50
TSS	mg/l	50
Minyak dan Lemak	mg/l	10
pH	-	6 - 9

2.2 Jumlah Penduduk

Jumlah penduduk merupakan faktor penting dalam perencanaan fasilitas air limbah. Pada daerah berkembang, jumlah penduduk diproyeksikan sesuai dengan periode perencanaan. Periode perencanaan ditetapkan dalam Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat No. 4 Tahun 2017 tentang penyelenggaraan sistem air limbah domestik. Dalam peraturan tersebut dijelaskan bahwa periode perencanaan digunakan selama 5 tahun untuk perencanaan jangka menengah.

2.2.1 Penduduk Kecamatan Krian

Data penduduk Kecamatan Krian diperoleh Berdasarkan catatan Badan Pusat Statistik (BPS) Kabupaten Sidoarjo. Peningkatan jumlah penduduk Krian tahun 2012 ke tahun 2013 sebesar 8.675 jiwa dalam satu tahun. Sementara itu, pada tahun 2014 hingga tahun 2015 tidak ada perubahan jumlah penduduk di Kecamatan Krian. Sementara itu, jumlah jiwa per bangunan rumah di Kecamatan Krian pada tahun 2015 adalah 4,77 jiwa / rumah (Badan Pusat Statistik Kabupaten Sidoarjo, 2016)

2.2.2 Proyeksi Penduduk

Proyeksi penduduk diperhitungkan berdasarkan jumlah penduduk yang berada pada area pelayanan. Proyeksi penduduk dilakukan untuk mengetahui jumlah penduduk terlayani pada tahun akhir perencanaan. Menurut Handiyatmo dkk (2010),

perhitungan proyeksi penduduk dapat dilakukan dengan cara berikut:

1. Linier (Aritmatik)

Metode ini digunakan pada laju pertumbuhan populasi konstan. Metode ini banyak digunakan untuk proyeksi jangka pendek. Berikut merupakan rumus proyeksi aritmatik:

$$P_t = P_0 + r(t - t_0) \quad (2.1)$$

P_t = jumlah penduduk tahun proyeksi

P_0 = jumlah penduduk tahun awal

r = laju pertumbuhan penduduk per tahun

t = tahun proyeksi

t_0 = tahun awal

2. Geometrik

Pada metode geometrik, pertumbuhan populasi merupakan fungsi dari populasi eksisting. Metode ini digunakan untuk proyeksi jangka pendek. Berikut merupakan rumus proyeksi penduduk metode geometrik:

$$P_t = P_0 \times (1 + r)^{(t - t_0)} \quad (2.2)$$

P_t = jumlah penduduk tahun proyeksi

P_0 = jumlah penduduk tahun awal

r = laju pertumbuhan penduduk per tahun

t = tahun proyeksi

t_0 = tahun awal

3. Eksponensial

Metode ini menggambarkan pertambahan penduduk yang terjadi secara sedikit demi sedikit sepanjang tahun. Metode ini berbeda dengan metode geometri yang mengasumsikan bahwa pertambahan penduduk terjadi pada satu saat selama kurun waktu tertentu. Berikut merupakan rumus proyeksi penduduk menggunakan metode eksponensial:

$$P_t = P_0 \times e^{r(t - t_0)} \quad (2.3)$$

P_t = jumlah penduduk tahun proyeksi

P_0 = jumlah penduduk tahun awal

r = laju pertumbuhan penduduk per tahun

t = tahun proyeksi

t_0 = tahun awal

$e = 2,7182818$

Menurut Sperling dan Chernicharo (2005), pemilihan metode proyeksi dilakukan dengan metode rasio korelasi. Metode

ini mengasumsikan bahwa populasi suatu daerah mengikuti tren yang sama. Koefisien korelasi merupakan ukuran hubungan antara 2 variabel. Semakin mendekati nilai 1 maka derajat hubungan 2 variabel semakin tinggi. Berikut merupakan rumus koefisien korelasi:

$$r_{xy} = \frac{n\Sigma(xy) - (\Sigma x)(\Sigma y)}{\sqrt{\{n\Sigma x^2(\Sigma x)^2\}\{n\Sigma y^2(\Sigma y)^2\}}} \quad (2.4)$$

r = koefisien korelasi

x = nomor data

y = data jumlah penduduk per tahun

n = jumlah data

Selain menggunakan analisa rasio korelasi, proyeksi penduduk perlu mempertimbangkan Rencana Tata Ruang dan Wilayah Kabupaten Sidoarjo. Berdasarkan RTRW Kabupaten Sidoarjo, jumlah lahan yang dapat digunakan untuk kawasan permukiman di Kecamatan Krian adalah 558,91 ha untuk permukiman pedesaan dan 868,23 ha untuk permukiman perkotaan. Perencanaan kebutuhan lahan fasilitas umum adalah 40% dari kebutuhan lahan fasilitas permukiman. Dalam naskah akademis RTRW Kabupaten Sidoarjo ditentukan komposisi kebutuhan fasilitas perumahan adalah 1: 4: 5 untuk kaveling besar (800 m²): kaveling sedang (600 m²): kaveling kecil (200 m²).

2.2.3 Fasilitas Umum

Jumlah fasilitas umum perlu diketahui untuk memperkirakan debit air limbah fasilitas umum yang akan dilayani oleh sistem penyaluran dan pengolahan air limbah. Jumlah fasilitas umum yang terdapat di Krian dapat dilihat pada Tabel 2.2.

Tabel 2. 2 Jumlah Fasilitas Umum di Kecamatan Krian

Desa/ Kelurahan	Fasilitas Umum (unit)				
	Fasilitas Peribadatan	Murid dan Guru	Sekolah	Puskesmas	Industri/ Kerajinan
Tropodo	20	672	4	0	0
Sadengan Mijen	18	687	3	0	13
Katerungan	11	4.784	7	0	6

Desa/ Kelurahan	Fasilitas Umum (unit)				
	Fasilitas Peribadatan	Murid dan Guru	Sekolah	Puskesmas	Industri/ Kerajinan
Jerukgamping	6	3.886	5	0	0
Gamping	17	530	2	0	0
Terik	17	720	3	0	1
Junwangi	18	434	2	0	0
Terungkulon	24	624	3	0	0
Terungwetan	10	537	4	0	0
Jatikalang	12	719	3	1	3
Keboharan	22	1.612	5	0	0
Ponokawan	14	1.080	4	0	8
Kel. Kemasan	17	3608	7	0	4
Sidomojo	19	304	2	0	23
Kel. Tambak Kemerakan	15	489	2	0	3
Kel. Krian	26	3.866	13	1	78
Kraton	30	2.946	5	0	57
Sidomulyo	32	973	4	0	2
Tempel	19	591	3	0	2
Watugolong	15	1.98	4	0	3
Barengkrajan	21	1.450	5	1	4
Sidorejo	24	1.231	8	0	1

Sumber: BPS Kabupaten Sidoarjo, 2017

Proyeksi fasilitas umum dapat dilakukan dengan persamaan berikut.

$$n_t/n_o = p_t/p_o \quad (2.5)$$

n_t = jumlah fasilitas umum tahun proyeksi

n_o = jumlah fasilitas umum tahun awal

p_t = jumlah penduduk tahun proyeksi

p_o = jumlah penduduk tahun awal

2.3 Debit Air Limbah Domestik

Kebutuhan air dapat diperoleh dari kriteria perencanaan Ditjen Cipta Karya Dinas Pekerjaan Umum tahun 1996 yang dapat dilihat pada tabel 2.3. Konsumsi air bersih unit fasilitas umum dapat dilihat pada Tabel 2.4. Debit air limbah terkait dengan konsumsi air bersih. Kuantitas air limbah berkurang dari konsumsi air bersih sesuai fraksinya. Menurut Sperling dan Chernicharo (2005), debit air limbah dapat dihitung dengan persamaan 2.9.

$$Q = 80\% \times q \quad (2.6)$$

- Q = Debit air limbah (liter/detik)
 q = Kebutuhan air bersih (liter/detik)

Tabel 2. 3 Standar Kebutuhan Air Domestik

Uraian	Jumlah Penduduk (jiwa)				
	> 1 juta	500.000 s/d 1.000.000	100.000 s/d 500.000	20.000 s/d 100.000	< 20.000
Konsumsi Unit Sambungan Rumah (liter/orang hari)	> 150	150 – 120	90 – 120	80 – 120	60 – 80

Sumber: Kriteria Perencanaan Ditjen Cipta Karya Dinas PU, 1996

Tabel 2. 4 Kebutuhan Air Fasilitas Umum

Unit	Kebutuhan air	Satuan
Rumah Susun	100	Liter/penghuni hari
SD	40	Liter/ siswa hari
SLTP	50	Liter / siswa hari
SMU	80	Liter / siswa hari
Kantor / pabrik	50	Liter / pegawai hari
Peribadatan	5	Liter / orang hari
Rumah Sakit	500	Liter / tempat tidur hari
Puskesmas	500 – 1.000	Liter / unit hari
Puskesmas Pembantu	500 – 1.000	Liter / unit hari
Peribadatan	500 – 2.000	Liter / unit hari
Industri	60 – 100	Liter/orang hari

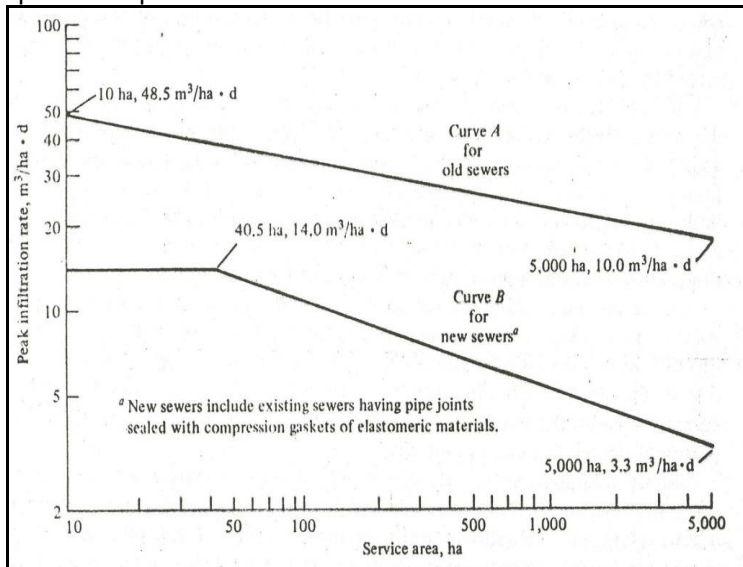
Sumber: Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, 2017; Direktorat Jenderal Pekerjaan Umum, 2010

Menurut Tchobanoglous (1981), debit air limbah untuk keperluan desain SPALD terdiri dari debit jam puncak dan debit infiltrasi sesuai persamaan 2.10. Debit air limbah mengalami fluktuasi sesuai konsumsi air bersih di lokasi pelayanan. Debit jam puncak adalah debit air limbah dikalikan dengan faktor jam puncak yang bernilai 1,5 – 2 (UNHCS, 1986). Sementara itu, Debit minimal adalah debit air limbah pada jam minimal terjadinya buangan air limbah. Nilai faktor minimal debit air limbah dan faktor hari maksimal berturut – turut adalah 0,5 dan 1,2 (Sperling dan Chernicharo (2005). Perhitungan debit infiltrasi dapat dilihat pada persamaan 2.12.

$$Q_{\text{desain}} = Q_p + Q_{\text{inf}} \quad (2.7)$$

Q_p	$= f_p \times Q$	(2.8)
Q_{inf}	$= f_{inf} \times Q$	(2.9)
Q_{min}	$= f_{min} \times Q$	(2.10)
Q_{desain}	= Debit air limbah yang digunakan untuk mendesain SPALD (liter/detik)	
Q	= Debit air limbah (liter/detik)	
Q_p	= Debit pada jam puncak pelayanan (liter/detik)	
Q_{inf}	= Debit infiltrasi (liter/detik)	
f_p	= faktor jam puncak	
f_{inf}	= faktor infiltrasi	
f_{min}	= faktor jam minimal	

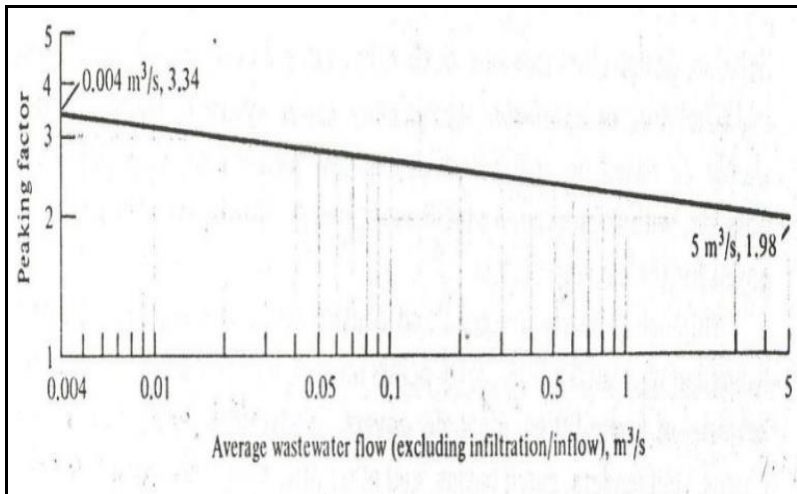
Perhitungan faktor debit puncak dan debit infiltrasi dapat dilakukan dengan cara plot grafik (Tchobanoglus, 1981). Debit infiltrasi dipengaruhi oleh luas area pelayanan. Grafik dapat dilihat pada Gambar 2.1. Sementara itu, faktor debit puncak ditentukan oleh rata – rata debit air limbah. Grafik faktor puncak dapat dilihat pada Gambar 2.2.



Gambar 2. 1 Debit Infiltrasi Puncak Air Limbah
(Sumber: Tchobanoglus, 1981)

2.4 Sistem Pengolahan air limbah

Pengolahan air limbah dapat diklasifikasikan sistem - setempat dan sistem terpusat. Sistem setempat merupakan sistem dengan fasilitas pengolahan air limbah berada di daerah persil. Sistem terpusat merupakan sistem di mana fasilitas pengolahan air limbah berada di luar daerah persil yang dialirkan menggunakan perpipaan dari rumah-rumah ke instalasi pengolahan air limbah.



Gambar 2. 2 Faktor Puncak Air Limbah
(Sumber: Tchobanoglus, 1981)

2.5 Sistem Penyaluran Air Limbah Domestik (SPALD)

Dalam melakukan perencanaan SPALD, terdapat langkah – langkah yang perlu dilalui. Langkah – langkah tersebut di antaranya menentukan blok pelayanan, menghitung debit air limbah, pembagian pembebanan air limbah pada pipa SPALD, perhitungan diameter pipa air limbah, dan perhitungan penanaman pipa. Prinsip operasional SPALD dalam perencanaan ini diupayakan menggunakan sistem gravitasi untuk menekan biaya operasional. Berikut merupakan langkah – langkah perhitungan dimensi pipa SPALD.

Terdapat 3 alternatif sistem penyaluran air limbah yang dapat digunakan untuk penyaluran air limbah domestik. 3 sistem

tersebut adalah *conventional gravity sewer*, *small bore sewer*, dan *shallow sewer*. Masing-masing memiliki karakteristik yang dapat dilihat pada Tabel 2.5. Berdasarkan karakteristik masing-masing sistem tersebut, dalam perencanaan dipilih sesuai dengan kondisi di lapangan. Kriteria desain *shallow sewer* dapat dilihat pada Tabel 2.6.

Tabel 2. 5 Perbandingan Jenis – Jenis SPALD

Parameter	<i>Conventional Gravity Sewer</i>	<i>Small Bore Sewer</i>	<i>Shallow Sewer</i>
Kebutuhan aliran air	Relatif tinggi, untuk menghanyutkan padatan dalam air limbah	Relatif rendah, sistem ini digunakan hanya untuk mengalirkan <i>greywater</i>	Relatif sedang, tidak memerlukan debit besar.
Kecepatan aliran minimal	0,6 meter/detik	0,3 m/detik	0,5 meter/detik.
Slope Minimal	0,02	0,0067	0,006
Diameter pipa minimal	200 mm	100 mm	100 mm
Perlu pengolahan awal	Tidak	Ya, memerlukan bak intersep biasanya berupa tangki septik.	Tidak
Kedalaman galian	Relatif dalam (0,75 m)	Relatif dangkal (0,4 m)	Relatif dangkal (0,4 m)
Reliabilitas	Tinggi, banyak diimplementasikan	Tidak ditemukan data implementasi.	Relatif rendah, <i>pilot project</i> di Bandung

Sumber: Amen et al, 2013; Otis dan Mara, 1986; UNHCS, 1986; Wediawati, 2008

2.5.1 Shallow Sewer

Shallow sewers didesain untuk menerima air limbah rumah tangga -exreta, air gelontor jamban, dan *greywater* untuk dialirkan dalam unit pengolahan *off-site* (UNHCS, 1986). Sistem ini terdiri dari jaringan pipa dengan diameter kecil yang ditanam pada lahan datar biasanya melalui halaman permukiman yang tertata maupun tidak. Kondisi tersebut memungkinkan jalur pipa yang pendek dengan bak kontrol kecil untuk perawatan. *Shallow sewer* tidak memerlukan kuantitas air limbah yang banyak. Sistem ini memerlukan frekuensi aliran air limbah yang sering.

Wilayah dengan populasi padat sesuai untuk kondisi tersebut. Slope minimal pipa untuk *shallow sewer* dihitung dengan persamaan berikut.

$$I_{\min} = 0,01Q^{-2/3} \quad (2.11)$$

Keterangan:

I = Slope

Q = Debit

Sumber: UNHCS, 1986

Tabel 2. 6 Kriteria desain *Shallow Sewer*

Jaringan Perpipaan	
Kecepatan aliran minimum (v_{\min})	0,5 meter / detik
Kecepatan minimum untuk pengendapan	0,2 m/detik.
Kecepatan maksimum (v_{\max})	< 2,3 m/detik
Diameter pipa minimum (D_{\min})	100 mm
Tinggi renang minimum	0,2 D
Tinggi renang maksimum	0,8 D
Kedalaman galian minimum	0,4 m

Sumber: UNHCS, 1986

2.5.2 Perhitungan Dimensi Pipa

Perhitungan dimensi pipa SPALD dapat dilakukan dengan persamaan – persamaan berikut yang mengacu pada Gambar 2.3.

$$S = \Delta H / L \quad (2.12)$$

$$Q_{\text{peak}} = Q_{\text{peak}}/Q_f \times Q_f \quad (2.13)$$

$$Q_f = 0,3117 / n \times D^{8/3} \times S^{1/2} \quad (2.14)$$

$$V_f = 0,397/n \times D^{2/3} S^{1/2} \quad (2.15)$$

$Q_{\min} / Q_{\text{full}}$ cek (grafik)

d/D cek (grafik)

$$V_{\min} \text{ cek} = (v_{\min}/V_{\text{full}}) \times (Q_{\text{full}} / A_{\text{full}}) \quad (2.16)$$

Q_{peak} = Debit air limbah puncak (m^3/detik)

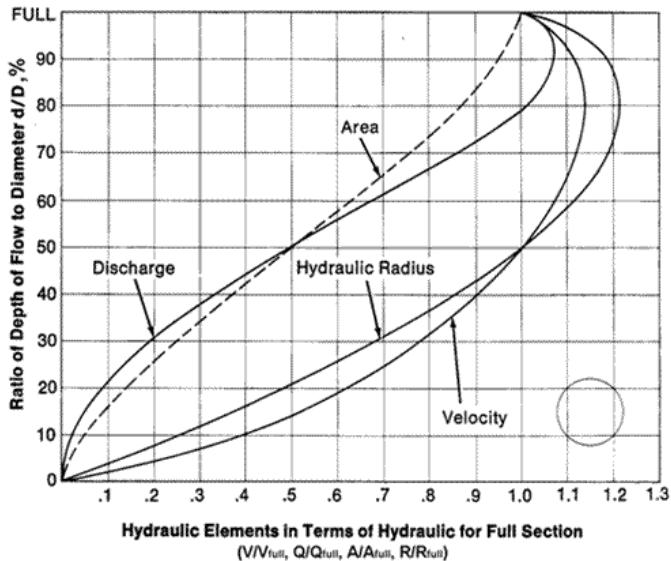
Q_f = Debit aliran penuh (m^3/detik)

Q_{\min} = Debit aliran minimal (m^3/detik)

V_f = Kecepatan aliran pipa penuh (m/detik)

V_{\min} = Kecepatan aliran minimal (m/detik)

R = Radius hidrolis (m)
 A = Luas penampang (m^2)
 P = Panjang permukaan basah (m)
 S = Slope (m/m)
 ΔH = Selisih elevasi (m)
 L = Panjang pipa (m)
 D = Diameter pipa (m)
 π = 3,14



Gambar 2. 3 Kurva Hidrolis Air Limbah Pipa Berbentuk Lingkaran
(Sumber: Tchobanoglous, 1981)

2.6 Pengolahan Air Limbah

Pengolahan air limbah bertujuan mengurangi kadar polutan dalam air limbah sehingga dapat dialirkan ke badan air dengan aman. Pengolahan dapat dilakukan secara fisik, kimia, dan biologis. Menurut Sperling dan Chernicharo (2005), konsep utama dalam pengolahan limbah adalah pengendapan. Pengendapan dimaksudkan untuk memisahkan air limbah dengan polutan. Terdapat tingkatan pengolahan air limbah yakni pengolahan awal, pengolahan tahap pertama, pengolahan tahap

kedua, dan pengolahan tahap ketiga. Pengolahan awal bertujuan menyisihkan partikel grit. Pengolahan pertama bertujuan untuk menyisihkan padatan tersuspensi dan material organik tersuspensi yang dapat terendapkan secara fisik. Pengolahan kedua bertujuan untuk menyisihkan material organik tersuspensi yang lolos pengolahan pertama beserta material organik terlarut. Pengolahan ketiga bertujuan untuk menyisihkan nutrisi, logam, zat – zat yang tidak dapat terdegradasi secara biologis, serta sisa – sisa padatan terlarut.

2.6.1 Neraca Massa

Neraca massa adalah deskripsi kuantitatif materi yang masuk, keluar, dan terakumulasi dalam sistem pengolahan. Konsep ini didasari hukum konversi massa di mana massa tidak dapat diciptakan maupun dimusnahkan, tetapi bentuknya dapat berubah ubah. Konsep neraca massa dapat dituangkan dalam persamaan berikut (Tchobanoglous dkk, 2003).

$$dC/dt V = Q C_o - Q C + (-kC) V \quad (2.16)$$

dC/dt = laju penguraian dalam suatu reaktor (kg/m^3 hari)

V = volume reaktor (m^3)

Q = debit volumetrik reaktor (m^3/hari)

C_o = Konsentrasi substrat yang masuk ke reaktor (mg/l)

C = Konsentrasi substrat yang keluar dari reaktor (mg/l)

k = Koefisien laju reaksi orde 1 (hari^{-1})

Konsep umum neraca massa telah dituangkan dalam sub. Pada perhitungan neraca massa ini ABR diasumsikan dalam kondisi *steady state*. Dalam kondisi *steady state* diasumsikan tidak ada perubahan debit dan konsentrasi air limbah masuk maupun keluar unit ABR. Pada kondisi ini nilai dC/dt pada persamaan 2.16 adalah nol.

Dalam unit pengolahan air limbah, perhitungan neraca massa dilakukan dalam satuan COD. Parameter COD digunakan sebagai pengganti konsentrasi zat organik dalam air limbah. Zat organik dalam air limbah sangat beragam sehingga pengukuran masing-masing zat organik menjadi tidak praktis. Parameter COD memiliki kelebihan karena pengukurannya relatif cepat dan dapat mewakili seluruh material organik dalam air limbah. Parameter BOD_5 tidak digunakan karena nilainya hanya mewakili sebagian material organik. Untuk mengetahui keseluruhan material organik

dalam air limbah digunakan parameter BODu. Perbedaan kedua parameter tersebut dijelaskan dalam sup bab 2.1.1. Pengukurannya BODu membutuhkan waktu yang relatif lama. Jika nilai COD dan BOD₅ dibandingkan dengan nilai BODu, parameter COD lebih mendekati nilai BODu (Tchobanoglus dkk, 2003). Oleh karena itu, dalam perhitungan neraca massa digunakan parameter COD.

2.6.2 Pengolahan Biologis

Menurut Tchobanoglus dkk (2003), pengolahan biologis bertujuan penguraian dan stabilisasi zat – zat pencemar yang dapat terdegradasi secara biologis, mengendapkan padatan koloid, serta menyisihkan nutrien terlarut dalam air limbah. Secara fungsi metabolis, pengolahan biologis dapat diklasifikasikan menjadi pengolahan aerobik, pengolahan anaerobik, dan pengolahan anoksik. Perbandingan antara proses pengolahan air limbah dengan metabolisme aerobik dan anaerobik dapat dilihat pada Tabel 2.7 berikut.

Tabel 2. 7 Perbandingan Pengolahan Aerobik dan Anaerobik

Parameter	Aerobik	Anaerobik
Penyisihan material organik	Tinggi	Tinggi
Kualitas Efluen	Sangat baik	Sedang – Buruk
Produksi Lumpur	Tinggi	Rendah
Kebutuhan Nutrien	Tinggi	Rendah
Kebutuhan Energi	Tinggi	Rendah – Sedang
Waktu Start-up	2 – 4 minggu	2 – 4 bulan
Bau	Kemungkinan rendah	Kemungkinan menimbulkan bau
Pemulihan Energi dan Nutrien	Tidak	Ya

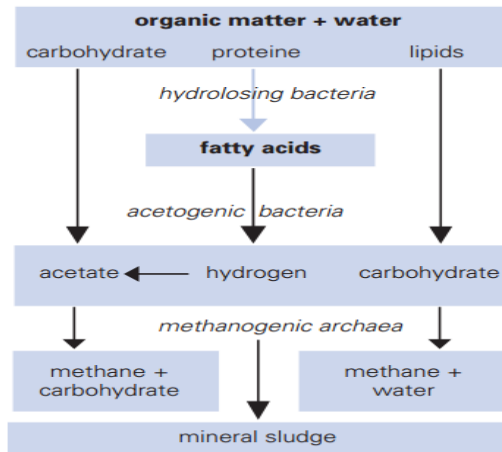
Sumber: Chan et al, 2009

2.6.3 Pengolahan Anaerob

Proses anaerob merupakan proses pengolahan air limbah dengan kondisi oksigen bebas yang terbatas sehingga menjadi penghambat pertumbuhan mikroorganisme. Elektron

akseptor dalam proses anaerob adalah oksigen tidak bebas seperti CO_2 .

Proses anaerob merupakan rangkaian rantai makanan air limbah. Persamaan 2.17 terjadi secara bertahap sehingga material organik dapat menghasilkan CO_2 , dan CH_4 . Tahapan proses anaerob dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 2. 4 Skema Proses Anaerob
(Sumber: Sasse dkk, 2009)

Terdapat 4 proses yang terjadi dalam mekanisme degradasi zat organik secara anaerob, meliputi:

1. Hidrolisis

Dalam hidrolisis, senyawa organik kompleks partikulat diubah menjadi senyawa – senyawa organik sederhana terlarut. Senyawa partikulat kompleks tidak bisa melewati membran sel bakteri fermentasi. Sehingga dalam kondisi kekurangan substrat, pertumbuhan, atau kondisi puncak bakteri fermentasi menghasilkan enzim ekstraseluler yang menyederhanakan senyawa partikulat kompleks menjadi senyawa organik sederhana terlarut yang bisa melewati dinding sel dan membran dari bakteri fermentasi. Dengan begitu, dimungkinkan terjadinya proses oksidasi – reduksi.

Dalam air limbah, senyawa kompleks partikulat biasa diklasifikasikan menjadi protein, karbohidrat, dan lemak yang

dipecah menjadi glukosa. Persamaan berikut merupakan contoh hidrolisis karbohidrat.

Selulosa → Selo-oliosakarida → selobiosa → glukosa **(2.19)**

2. Asidogenesis

Dalam proses ini, mikroorganisme fermentasi berperan mengubah senyawa organik sederhana menjadi *Volatile Fatty Acids* (VFA), alkohol, CO₂, H₂, NH₃, H₂S, dan sel baru. Berikut merupakan contoh fermentasi glukosa.

Propionat $C_6H_{12}O_6 + 2H_2 \rightarrow 2CH_3CH_2COO^- + 2H^+ + 2H_2O$ **(2.20)**

Butirat $C_6H_{12}O_6 + 2H_2O \rightarrow CH_3CH_2CH_2COO^- + 3H^+ + 2HCO_3^- + 2H_2$ **(2.21)**

Etanol $C_6H_{12}O_6 + 2H_2O \rightarrow 2CH_3CH_2OH + 2H^+ + 2HCO_3^-$ **(2.22)**

Laktat $C_6H_{12}O_6 \rightarrow 2CH_3CHOHCOO^- + 2H^+$ **(2.23)**

Asetat $C_6H_{12}O_6 + 4H_2O \rightarrow 2CH_3CHOO^- + 4H^+ + 2HCO_3^- + 4H_2$ **(2.24)**

Hasil akhir dari asidogenesis bergantung pada konsentrasi H₂ dalam reaktor. Jika H₂ terakumulasi, produk yang lebih tereduksi seperti butirat, propionat, bahkan produk yang lebih tereduksi dari itu, etanol, dan laktat akan terbentuk. Apabila H₂ disisihkan secara efektif oleh mikroorganisme, maka asetat akan terbentuk. Berikut merupakan contoh fermentasi protein.

Alanin $CH_3CHNH_2COO^- + 3H_2O \rightarrow CH_3COO^- + 2HCO_3^- + NH_4^+ + 2H_2$ **(2.25)**

Glycine $2C_2H_5NH_2COO^- + 2H_2 \rightarrow 2CH_3COO^- + 2NH_3$ **(2.26)**

3. Asetogenesis

Dalam tahap ini, mikroorganisme asetogenik berperan memecah produk hasil fermentasi menjadi asetat, H₂, CO₂, beserta sel baru. Berikut merupakan contoh reaksi reduksi dan oksidasi dalam proses asetogenesis

Senyawa	Reaksi	ΔG° (kJ/mol)	Persa- Maan
Propionate	$CH_3CH_2COO^- + 3H_2O \rightarrow CH_3COO^- + HCO_3^- + H^+ + 3H_2$	+76,1	(2.27)
Butirat	$CH_3CH_2CH_2COO^- + 2H_2O \rightarrow 2CH_3COO^- + H^+ + 2H_2$	+48,1	(2.28)
Etanol	$CH_3CH_2OH + 2H_2O \rightarrow CH_3COO^- + H^+ + 2H_2$	+9,6	(2.29)
Laktat	$CH_3CHOHCOO^- + 2H_2O \rightarrow$	-4,2	(2.30)

	$\text{CH}_3\text{COO}^- + \text{HCO}_3^- + \text{H}^+ + 2\text{H}_2$		
Bikarbonat	$2\text{HCO}_3^- + 4\text{H}_2 + 4\text{H}^+ \rightarrow \text{CH}_3\text{COO}^- + 4\text{H}_2\text{O}$	-104,6	(2.31)
	$\text{HCO}_3^- + 4\text{H}_2 + \text{H}^+ \rightarrow \text{CH}_4 + 3\text{H}_2\text{O}$	-135,6	(2.32)

Berdasarkan kondisi energi bebas, reaksi 2.24 – 2.26 tidak akan terjadi secara alami karena membutuhkan energi. Hal itu disebabkan karena akumulasi produk H_2 . Namun, pembentukan CH_4 dari bikarbonat dapat terjadi sehingga mengurangi konsentrasi H_2 . Ketika konsentrasi H_2 sangat rendah, maka reaksi 2.26 – 2.28 dapat terjadi.

4. Metanogenesis

Bakteri metanogen dapat dipisahkan menjadi 2 yakni Hydrogenotropik yang mereduksi CO_2 dengan H_2 menjadi CH_4 dan $2\text{H}_2\text{O}$ serta Asetotropik yang memecah asetat menjadi CH_4 dan CO_2 . Reaksi yang terjadi pada proses metanogenesis dapat dilihat pada tabel berikut. Reaksi lain metanogenesis terjadi dalam jumlah yang sangat sedikit, sehingga dapat diabaikan.

Senyawa	Reaksi	ΔG° (kJ/mol)	Persamaan
Hidrogen	$4\text{H}_2 + \text{CO}_2 \rightarrow \text{CH}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$	-130,4	(2.33)
Asetat	$\text{CH}_3\text{COOH} \rightarrow \text{CH}_4 + \text{CO}_2$	-32,5	(2.34)

Selain terdegradasi dalam mekanisme penyisihan di atas, substrat juga digunakan untuk pertumbuhan bakteri. Pertumbuhan bakteri dapat diklasifikasi menjadi 2, yakni bakteri pembentuk fermentasi dan bakteri metanogen.

2.7 Teknologi Pengolahan Air Limbah

Terdapat beberapa unit pengolahan air limbah yang dapat digunakan untuk kategori komunal (Tiley dkk, 2014). Unit – unit tersebut dibandingkan dengan 2 parameter yakni skala penggunaan dan skala pengelolaan. Jumlah tanda (+) menunjukkan tingkat kesesuaian, dua tanda (++) berarti sesuai, satu tanda (+) berarti kurang sesuai, sedangkan tanpa tanda (+) berarti tidak sesuai. Parameter penggunaan menunjukkan kesesuaian teknologi pengolahan air limbah pada skala tertentu. Skala rumah tangga adalah kesesuaian teknologi untuk diaplikasikan pada satu atau beberapa rumah. Sedangkan skala pemukiman adalah kesesuaian teknologi untuk digunakan beberapa rumah hingga mencapai ratusan rumah. Skala kota

menunjukkan kesesuaian aplikasi teknologi pada seluruh kota atau sebagian kota. Parameter pengelolaan menunjukkan tipe organisasi terbaik yang dapat diterapkan dalam pengelolaan teknologi pengolahan air limbah. Skala rumah tangga menunjukkan rumah tangga bertanggung jawab untuk seluruh kegiatan operasi dan perawatan. Skala kelompok menunjukkan kelompok pengguna fasilitas seperti sekolah atau kelompok masyarakat bertanggung jawab terhadap seluruh kegiatan operasional dan perawatan fasilitas dengan menunjuk penanggung jawab. Skala institusi berarti kegiatan operasional dan perawatan diatur sepenuhnya oleh suatu institusi atau pemerintah. Tabel berikut merupakan perbandingan pengolahan anaerob (Tiley dkk, 2014).

Tabel 2. 8 Penggunaan Teknologi Pengolahan Air Limbah Proses Anaerob

Parameter	Skala	Tangki Septik	Tangki Imhoff	ABR	AF	UASB
Penggunaan	Rumah Tangga	++		+	+	
	Pemukiman	++	+	++	++	+
	Kota		++			++
Pengelolaan	Rumah Tangga	++		+	+	
	Kelompok	++		++	++	
	Institusi / Pemerintah	++	++	++	++	++

Sumber: Tiley dkk, 2014

2.7.1 Pemilihan Teknologi Pengolahan Air Limbah

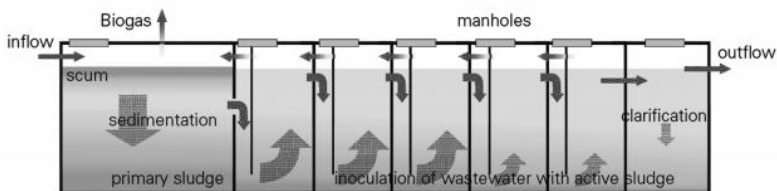
Pemilihan teknologi pengolahan air limbah harus memperhatikan beberapa faktor. Menurut (Tchobanoglous dkk, 2003) faktor pemilihan proses pengolahan meliputi beberapa parameter yakni:

- Efisiensi = Efisiensi diukur dengan tingkat penyisihan air limbah.
- Reliabilitas = Reliabilitas merupakan pengalaman penggunaan sistem
- Produksi Lumpur = Jumlah lumpur yang dihasilkan oleh unit
- Kebutuhan Lahan = Kebutuhan lahan untuk pembangunan

	unti IPALD
Biaya	= Biaya pembangunan dan operasional unit IPALD
Kesederhanaan sistem	= Tingkat kerumitan sistem dalam hal pembangunan dan perawatan

2.7.2 Anaerobic Baffled Reactor (ABR)

ABR merupakan salah satu jenis *high-rate* reaktor. Umumnya, ABR memiliki beberapa sekat vertikal yang mengurangi hanyutnya mikroorganisme ke pipa effluen. Sketsa ABR dapat dilihat di Gambar 2.4. Hal ini membuat ABR dapat menahan biomassa aktif tanpa media tertentu. Keuntungan penggunaan ABR adalah efisiensi pengolahan tinggi, kebutuhan lahan Permanen sedikit, tidak memerlukan listrik, perbaikan dapat menggunakan bahan yang tersedia di sekitar (Tiley et al, 2008). ABR memiliki kelemahan yakni penyisihan patogen yang rendah (Tiley et al, 2008), waktu start-up yang lama, dan membutuhkan lahan cukup luas untuk konstruksi (Sasse et al, 2009).



Gambar 2. 5 Sketsa Unit IPALD ABR
(Gambar: Sasse et al, 2009)

Kriteria desain yang dikembangkan oleh Sasse dkk (2009) berikut perlu dipertimbangkan dalam perencanaan ABR di antaranya:

HRT	> 8 jam
OLR	< 3 kgCOD/m ³
Panjang kompartemen	= 0,5 = 0,6 tinggi air
% Penyisihan BOD	= 70 – 95%
% Penyisihan COD	= 65 – 90%

Perhitungan dimensi ABR dapat dilakukan dengan model perhitungan yang dituangkan dalam bentuk *spreadsheet* (Sasse et al, 2009). Berikut merupakan penjabaran perhitungan dimensi

ABR. Pertama, perhitungan dilakukan untuk bak pengendap, kemudian kompartemen ABR.

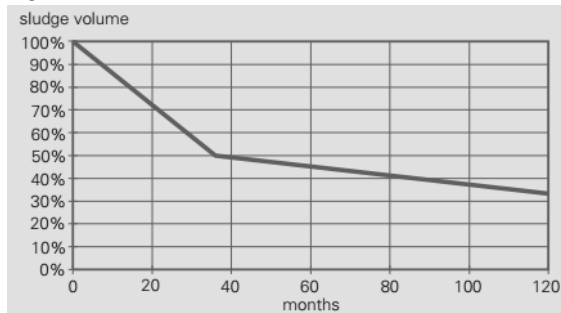
Volume Bak = $Q_{\text{peak}} \times \text{HRT} + \text{Vol Sludge}$

Pengendap

Vol Sludge = Laju pengendapan x Konsentrasi BOD tersisihkan x Q_{avg} x Lama pengurasan

Laju Pengendapan = $0,005 \text{ L sludge/g BOD} \times \% \text{ volume sludge}$

% volume sludge dapat diperoleh dari plot grafik di Gambar 2.5.



Gambar 2. 6 Reduksi volume sludge berdasar pengurasan
(Sumber: Sasse dkk, 2009)

Panjang bak = $\text{Vol bak pengendap} / \text{lebar} / \text{tinggi}$
pengendap

% Penyisihan COD BP = $\text{Settleable SS/COD} / 0,6 \times \text{Faktor penyisihan COD}$

% Penyisihan BOD = $\% \text{ penyisihan COD di settler} \times \text{faktor penyisihan COD/BOD}$

% Penyisihan TSS = $\text{Settleable SS/COD} \times \text{CODe BP}$

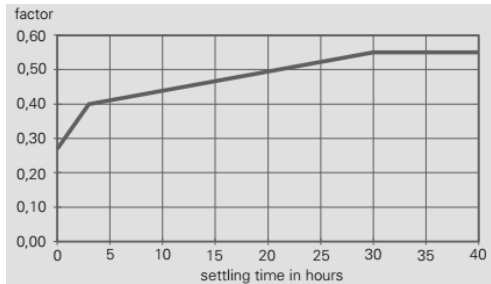
Faktor penyisihan COD di settler didapatkan dari plot grafik di Gambar 2.6. Faktor BOD/COD didapat dari plot di Gambar 2.7

Volume ABR = $p_{\text{kompartemen}} \times n_{\text{kompartemen}} \times h_{\text{outlet}} \times l_{\text{kompartemen}}$

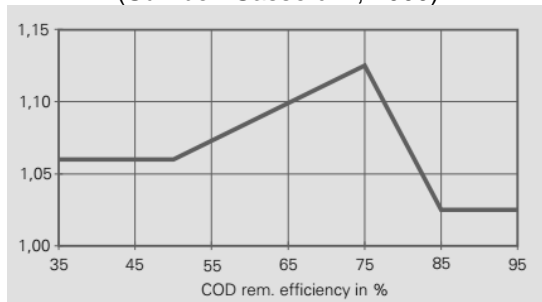
$l_{\text{kompartemen}} = (Q_{\text{peak}} / V_{\text{up}}) / p_{\text{kompartemen}}$

$n_{\text{kompartemen}}$ = ditentukan dengan *trial error* pada kualitas effluent ABR.

Apabila persen penyisihan kurang, jumlah kompartemen dapat ditambahkan. Hal ini bertujuan untuk menjaga nilai Vupflow rendah.



Gambar 2. 7 Faktor Penyisihan COD berdasar HRT
(Sumber: Sasse dkk, 2009)



Gambar 2. 8 Faktor penyisihan BOD berdasar penyisihan COD
(Sumber: Sasse dkk, 2009)

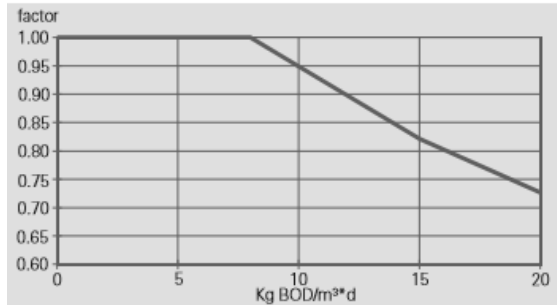
$$\% \text{ Penyisihan COD} = \frac{f_{\text{overload}} \times f_{\text{strenght}} \times f_{\text{suhu}} \times f_{\text{HRT}}}{n_{\text{kompartemen}}}$$

$$\% \text{ Penyisihan BOD} = \% \text{ penyisihan COD} \times \text{faktor penyisihan COD/BOD}$$

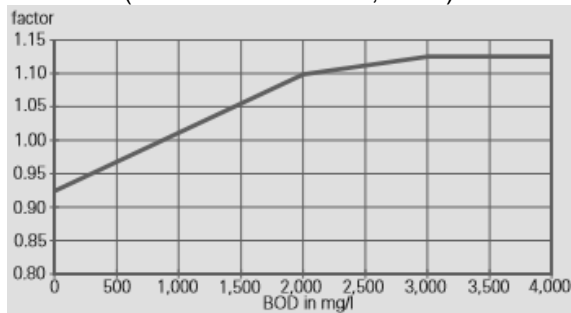
$$\% \text{ Penyisihan TSS} = \text{Settleable SS/COD} \times \text{CODE ABR}$$

Nilai f_{overload} diperoleh dari grafik faktor overload pada Gambar 2.8. Nilai f_{strenght} diperoleh dari grafik faktor strength pada Gambar 2.9 dengan melakukan plot nilai BODi pada grafik tersebut. Nilai f_{suhu} dan f_{HRT} dapat diperoleh dari Gambar 2.10 dan Gambar 2.11. Untuk memperoleh nilai tersebut dilakukan cek OLR dengan persamaan berikut.

Cek OLR = $Q_{peak} \times 24 \times BOD_i / (\text{volume ABR} \times 1.000)$
 Cek HRT = $\text{Volume ABR} / (Q_{avg} / 24)$
 Cek Vup = $Q_{peak} / (p_{kompartemen} \times l_{kompartemen})$



Gambar 2. 9 Kurva faktor overload
(Sumber: Sasse et al, 2009)

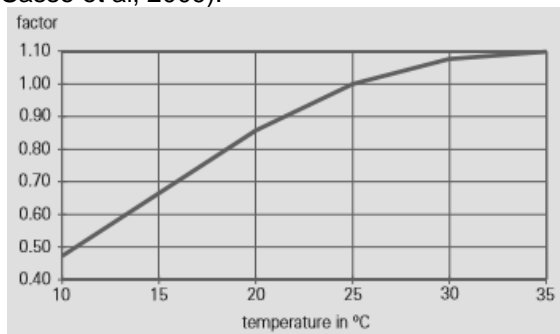


Gambar 2. 10 Kurva faktor strength
(Sumber: Sasse et al, 2009)

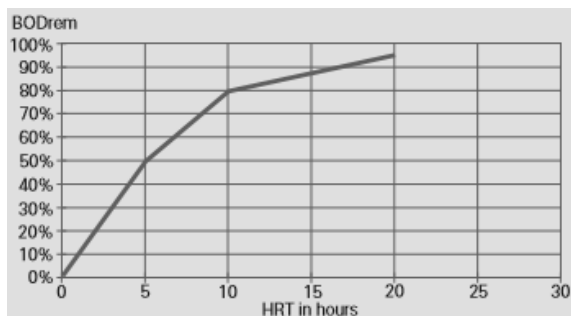
2.7.3 Anaerobic Filter (AF)

Anaerobic Filter (AF) merupakan unit pengolahan yang dapat menyisihkan padatan terlarut dengan memanfaatkan mikroorganisme yang menempel pada media penyaring (Sasse et al, 2009). Mikroorganisme tersebut dapat menguraikan zat organik terlarut dalam waktu tertentu. Ketika lapisan mikroorganisme menebal, perawatan harus dilakukan. Jika tidak, media akan mengalami penyumbatan. Perawatan dapat dilakukan dengan cara *backwash* maupun pencucian media secara manual. Kelebihan unit pengolahan ini adalah tidak

memerlukan energi listrik, kecuali dirancang dengan sistem *backwash*, biaya operasional rendah, efisiensi penyisihan polutan tinggi (Tiley dkk, 2014), serta waktu *start-up* yang lebih cepat (Sasse et al, 2009). Di sisi lain kelemahan *anaerobic filter* adalah risiko penyumbatan dan perlunya penggantian media secara berkala (Sasse et al, 2009).



Gambar 2. 11 Kurva faktor temperatur
(Sumber: Sasse et al, 2009)



Gambar 2. 12 Kurva faktor HRT
(Sumber: Sasse et al, 2009)

2.8 Penelitian Pendahuluan

Silastuti dan Soedjono (2010) melakukan evaluasi dan rencana pengembangan terhadap pelayanan pengelolaan air limbah di Kecamatan Batu. Evaluasi tersebut meliputi kuantitas air limbah, jaringan perpipaan, serta kualitas efluen IPAL ABR, AF,

dan *Wetland*. Berdasarkan evaluasi tersebut, terdapat penyesuaian dimensi pipa SPAL untuk mempertahankan kecepatan aliran minimal. Rencana pengembangan pelayanan memerlukan tambahan unit IPAL dikarenakan unit ABR mengalami HRT dan Vup yang terlalu tinggi. Sementara itu, unit AF mengalami beban hidrolis yang terlalu besar.

Prabowo (2006) melakukan evaluasi terhadap sistem pengelolaan air limbah domestik dengan IPAL komunal ABR di Kampung Serangan, Yogyakarta. Pada wilayah tersebut, sistem penyaluran air limbah menggunakan *shallow sewer*. Sistem tersebut mengalami kendala yakni penyumbatan saluran karena masuknya air limbah industri tahu. Air limbah tersebut mengandung minyak dan lemak yang mengeras pada suhu rendah. Masalah tersebut dapat diatasi dengan penambahan unit *grease trap* sebelum air limbah industri tahu masuk ke SPAL. Menurut analisa laboratorium pada efluen IPAL, penyisihan COD, TSS, dan ammonium berturut-turut sebesar 69,57%; 98%; dan 0%.

Prasetya dan Kamulyan (2015) melakukan evaluasi terhadap kinerja IPAL Komunal di Yogyakarta sistem ABR dan ABF yang mengalami kinerja tidak optimal. Penyebab tidak sesuai kinerja IPAL adalah kelebihan jumlah pengguna, adanya limbah berbahan tapioka, tinggi lumpur, dan pengurasan lumpur yang tidak maksimal. Efisiensi penyisihan *anaerobic filter* untuk parameter COD sebesar 49%, parameter BOD sebesar 65,8%, sedangkan parameter TSS sebesar 85%. HRT desain, teori, dan aktual pada ABR masing-masing adalah >8jam, 6 – 24 jam, 12 jam. HRT desain, teori, dan aktual pada AF masing-masing sebesar 24 – 48 jam, 25 – 37 hari, dan 3,12 jam. Hal ini membuat kinerja unit AF tidak optimal. Sementara itu, penurunan efisiensi penyisihan ABR disebabkan oleh scum pada ABR.

Razif dan Hamid (2014) melakukan 2 penelitian yakni perbandingan desain dan perbandingan uji kinerja IPAL AF dan ABR pada pusat perbelanjaan di Kota Surabaya. Terdapat unit pengolahan awal berupa tangki septik pada kedua objek penelitian. Tangki septik memiliki efisiensi penyisihan 25,9% COD dan 24,5% BOD pada IPAL AF. Efisiensi penyisihan tangki septik sebesar 24% COD dan 23% BOD pada unit IPAL ABR. Kriteria perbandingan uji kinerja mencakup volume bangunan, luas lahan,

efisiensi penyisihan, kualitas efluen, dan biaya konstruksi. Unit IPAL AF memiliki luas lahan yang lebih rendah sehingga biaya konstruksi juga lebih rendah dibandingkan IPAL ABR. IPAL ABR memiliki keunggulan dalam tingkat efisiensi penyisihan limbah. Efisiensi penyisihan polutan ABR dan Tangki Septik sebesar 89,9% untuk COD serta 94,6% untuk BOD. Di sisi lain, efisiensi penyisihan polutan AF dan Tangki Septik sebesar 89,3% untuk COD dan 91,5% untuk BOD.

BAB 3

GAMBARAN UMUM WILAYAH PERENCANAAN

3.1 Kondisi Geografis Kecamatan Krian

Kecamatan Krian, Kabupaten Sidoarjo terletak 22 km arah Barat Laut dari pusat administratif Kabupaten Sidoarjo. Secara geografis Kecamatan Krian berada di antara 112,56 – 112,63 Bujur Timur dan 7,37 – 7,44 Lintang Selatan. Kecamatan Krian memiliki luas wilayah 3.249,99 hektar. Batas wilayah administratif Kecamatan Krian adalah:

Utara : Kecamatan Driyorejo

Timur : Kecamatan Taman dan Sukodono

Selatan : Kecamatan Wonoayu dan Prambon

Barat : Kecamatan Balongbendo

Secara administratif Kecamatan Krian terdiri dari 19 desa dan 3 kelurahan. Batas desa/kelurahan Kecamatan Krian dapat dilihat pada Gambar 2.12. Secara topografi Kecamatan Krian memiliki area yang datar dengan ketinggian rata – rata 12 meter di atas permukaan air laut (mdpl). Elevasi tertinggi dan terendah di wilayah Kecamatan Krian adalah 15 mdpl dan 10 mdpl. Peta topografi Krian dapat dilihat pada Gambar 2.13. Kedalaman air tanah di Kecamatan Krian berkisar antar 0 – 5 meter. Jenis lapisan tanah di Kecamatan Krian adalah Alluvial Kelabu. Suhu rata – rata di Kecamatan Krian mencapai 27°C dengan nilai maksimum 27,7°C di bulan November dan nilai minimum mencapai 26°C di bulan Juli (Anonim, 2017).

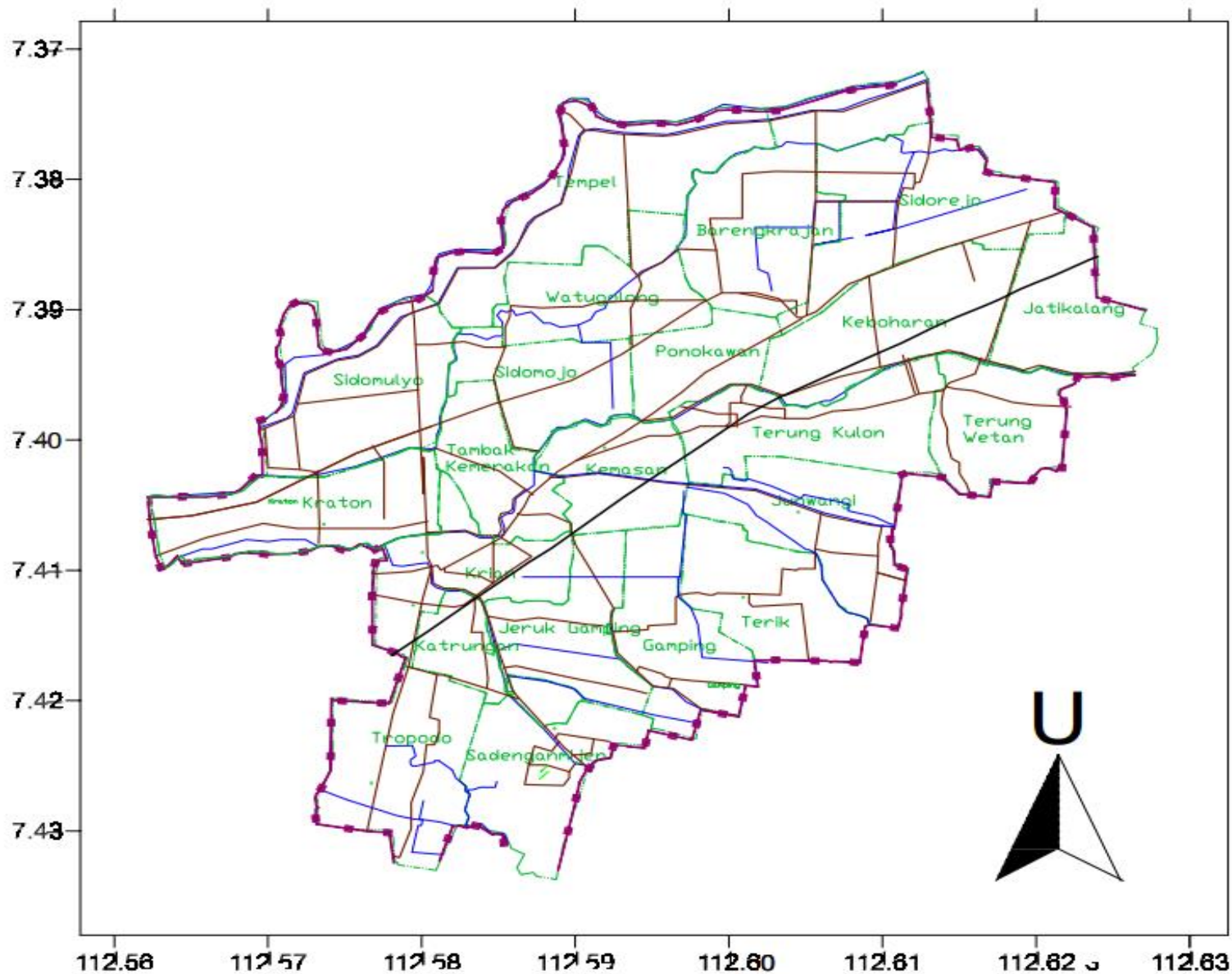
3.2 Kependudukan Kecamatan Krian

Berdasarkan data Badan Pusat Statistik Kabupaten Sidoarjo jumlah penduduk Kecamatan Krian pada tahun 2016 mencapai 123.055 jiwa. Data kependudukan Kecamatan Krian dapat dilihat pada Tabel 3.1. Laju pertumbuhan penduduk tertinggi terjadi pada tahun 2013 sebesar 7,16%. Pada tahun 2015 jumlah penduduk di Kecamatan Krian mengalami laju pertumbuhan konstan. Sementara di tahun 2016, jumlah penduduk mengalami penurunan sebanyak 0,23% (Badan Pusat Statistik Kabupaten Sidoarjo, 2016).

Tabel 3. 1 Jumlah Penduduk Kecamatan Krian

No	Desa / Kelurahan	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
1	Tropodo	4.943	4.350	4.411	5.336	5.541	5.541	5.336
2	Sadengan Mijen	3.919	3.880	3.961	4.614	4.717	4.717	4.614
3	Katerungan	5.170	5.239	5.227	5.269	5.399	5.399	5.269
4	Jeruk Gamping	3.896	3.901	4.021	4.027	4.117	4.117	4.027
5	Gamping	3.804	3.852	3.840	4.084	4.172	4.172	4.084
6	Terik	2.972	2.969	3.003	3.180	3.278	3.278	3.180
7	Junwangi	3.841	3.964	3.925	4.411	4.507	4.507	4.411
8	Terung Kulon	4.439	4.426	4.551	5.018	5.146	5.146	5.018
9	Terung Wetan	2.202	2.203	2.272	2.339	2.435	2.435	2.339
10	Jatikalang	4.439	4.547	4.577	4.576	4.666	4.666	4.576
11	Keboharan	4.674	4.669	4.745	4.958	5.035	5.035	4.958
12	Ponokawan	4.087	4.094	4.101	4.822	4.892	4.892	4.822
13	Kel. Kemasan	4.759	4.772	4.806	4.778	4.858	4.858	4.778
14	Sidomojo	3.522	3.513	3.589	3.671	3.775	3.775	3.671
15	Kel. Tambak Kemerakan	6.914	6.904	6.995	6.900	7.006	7.006	6.900
16	Kel. Krian	9.634	10.717	9.755	10.707	10.870	10.870	10.707
17	Kraton	6.643	6.655	6.211	7.705	7.834	7.834	7.705
18	Sidomulyo	5.377	5.414	5.475	5.556	5.646	5.646	5.556
19	Tempel	5.546	5.543	5.662	6.679	6.761	6.761	6.679
20	Watugolong	5.008	5.025	5.147	5.522	5.637	5.637	5.522
21	Barengkrajan	7.759	8.169	7.914	8.344	8.409	8.409	8.344
22	Sidorejo	7.761	8.092	8.176	8.543	8.640	8.640	8.543
Jumlah		111.309	112.898	112.364	121.039	123.341	123.341	123.055

Sumber: Badan Pusat Statistik Kabupaten Sidoarjo, 2011 - 2017



- Batas Kecamatan
- Batas Desa/Kelurahan
- Jaringan Jalan
- Sungai / Drainase
- Rel Kereta

INSTITUT:
 DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 SURABAYA

DOSEN PEMBIMBING:
 Ir. Eddy Setiadi Soedjono, Dipl.SE.M.Sc.Ph.D

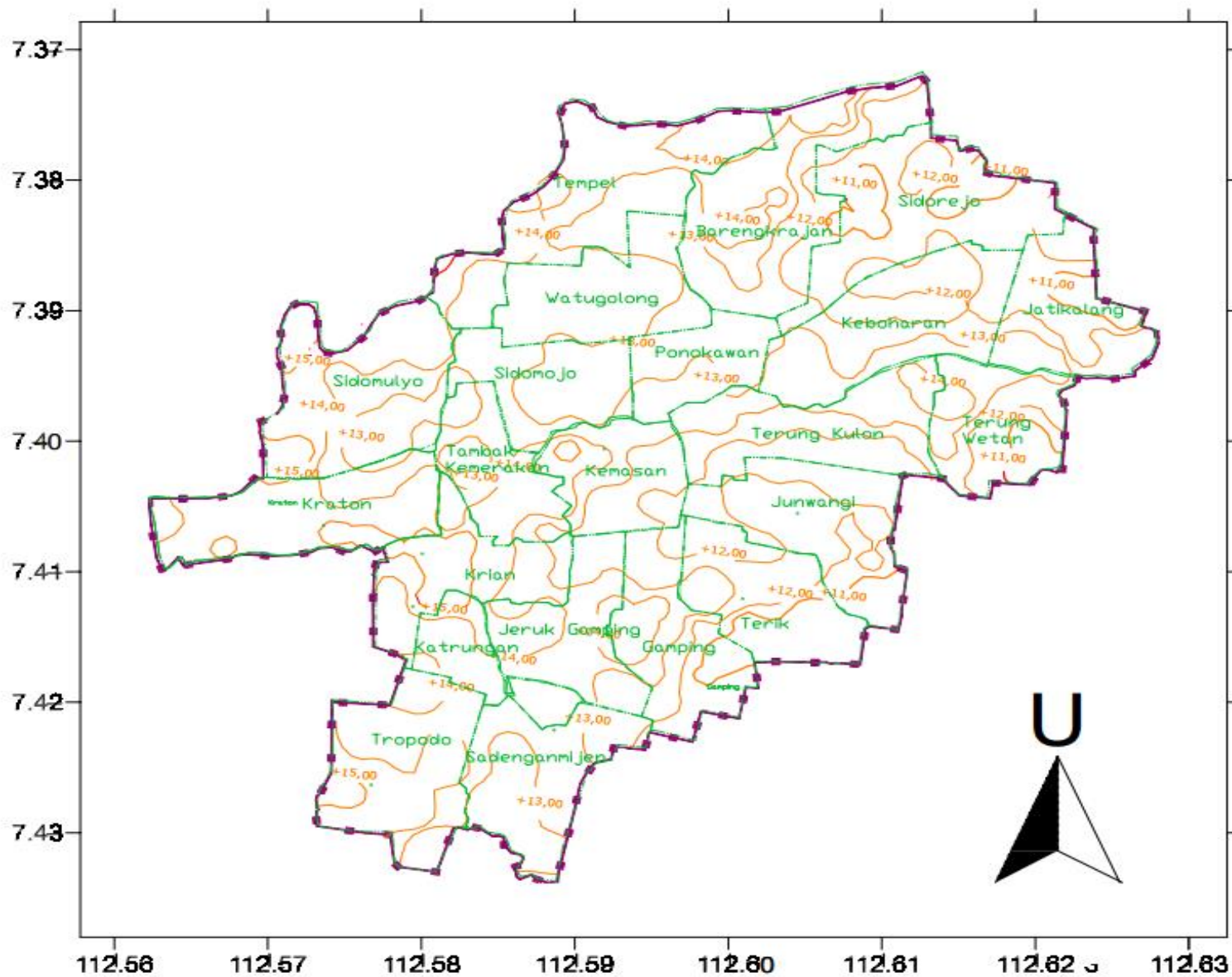
MAHASISWA PERENCANA:
 Ahmad Shodiq - 3312100068

JUDUL GAMBAR:
 GAMBAR 3.1 PETA ADMINISTRASI KRIAN

NOMOR
 3.1

SKALA
 1:50.000

“Halaman ini sengaja dikosongkan.”



- Batas Kecamatan
- — — Batas Desa
- ~ ~ ~ Garis Topografi

INSTITUT:
 DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 SURABAYA

DOSEN PEMBIMBING:
 Ir. Eddy Setiadi Soedjono, Dipl.SE.M.Sc.Ph.D

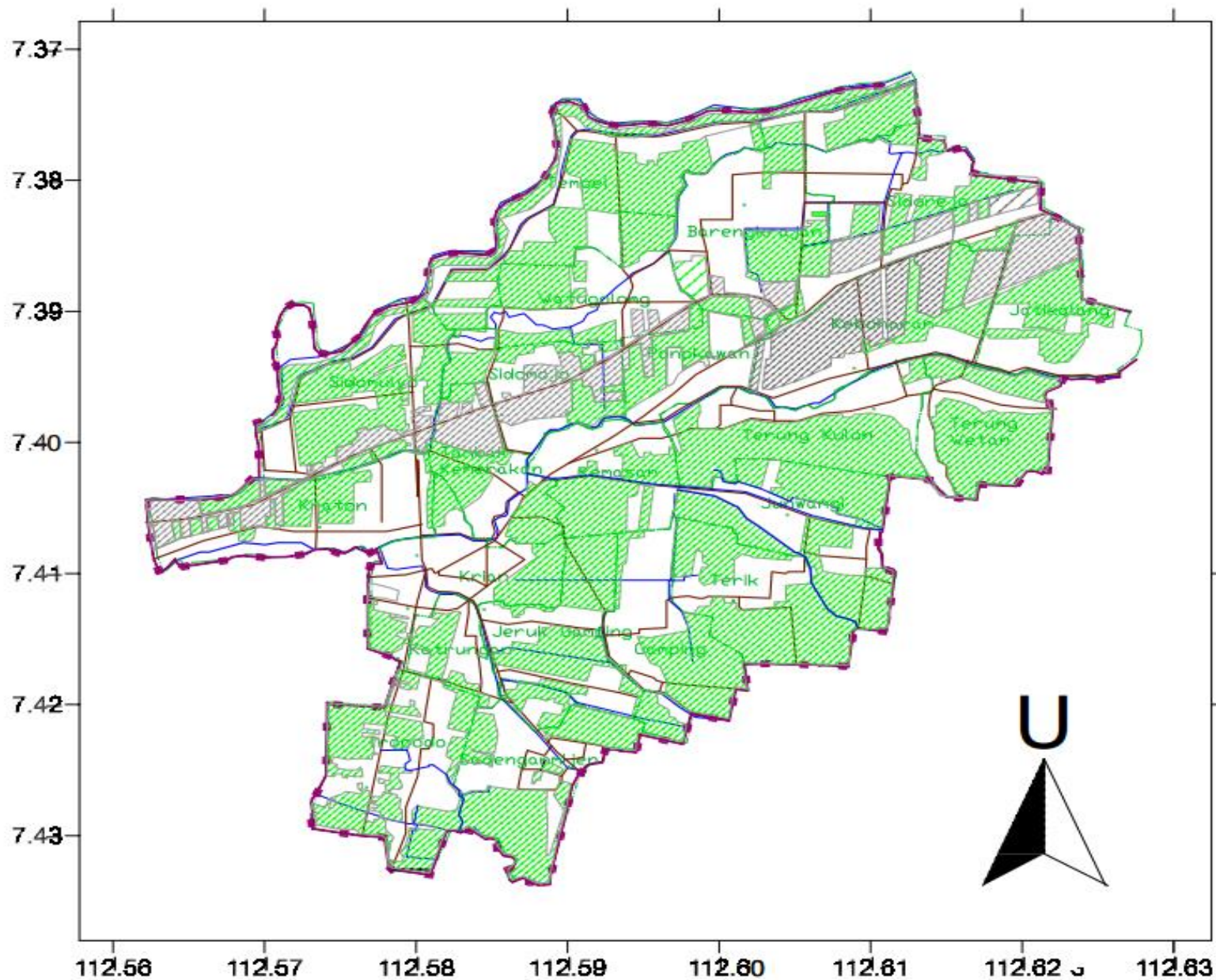
MAHASISWA PERENCANA:
 Ahmad Shodiq - 3312100068

JUDUL GAMBAR:
 GAMBAR 3.2 PETA TOPOGRAFI KRIAN

NOMOR
 3.2

SKALA
 1:50.000

“Halaman ini sengaja dikosongkan.”



- Batas Kecamatan
- Batas Desa/Kelurahan
- Jaringan Jalan
- Sungai / Drainase
- Rel Kereta
- Permukiman, Fasilitas Umum, dan Kegiatan usaha
- Industri
- Sawah

INSTITUT:
 DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 SURABAYA

DOSEN PEMBIMBING:
 Ir. Eddy Setiadi Soedjono, Dipl.SE.M.Sc.Ph.D

MAHASISWA PERENCANA:
 Ahmad Shodiq - 3312100068

JUDUL GAMBAR:
 GAMBAR 3.3 PETA PENGGUNAAN
 LAHAN KRIAN

NOMOR
 3.3

SKALA
 1:50.000

“Halaman ini sengaja dikosongkan.”

“Halaman ini sengaja dikosongkan.”

3.3 Kondisi Sanitasi Krian

Kondisi sanitasi di Kecamatan Krian diperoleh dari data evaluasi program Sanitasi Total Berbasis Masyarakat (STBM). Data tersebut menunjukkan persebaran fasilitas sanitasi yang dimiliki oleh masing-masing kepala keluarga di Kecamatan Krian. Fasilitas sanitasi yang teridentifikasi adalah Jamban Sehat Permanen (JSP), Jamban Sehat Semi Permanen (JSSP), Sharing, dan Buang Air Besar Sembarangan (BABS). Data kondisi sanitasi per desa/kelurahan di Kecamatan Krian dapat dilihat pada tabel 3.2.

Berdasarkan Tabel 3.2, Kejadian BABS terbanyak berada di desa Junwangi, 321 Kepala Keluarga, disusul oleh Desa Sadengan Mijen sebanyak 265 kepala keluarga dan Desa Watugolong sebanyak 264 kepala keluarga. Terdapat 3 Desa / Kelurahan yang tidak terdapat kejadian BABS di wilayahnya yakni Desa Terungwetan, Desa Kemas, dan Desa Sidorejo.

Keterangan Tabel 3.2:

Jumlah KK	= Jumlah Kepala Keluarga
KK JSP	= Jumlah kepala keluarga dengan jamban sehat permanen
% JSP	= Persentase kepala keluarga dengan jamban sehat permanen
KK JSSP	= Jumlah kepala keluarga dengan jamban sehat semi permanen
% JSSP	= Persentase kepala keluarga jamban sehat semi permanen
KK Sharing	= Jumlah kepala keluarga dengan jamban bersama lebih dari 1 KK
% Sharing	= Persentase kepala keluarga praktik penggunaan jamban bersama lebih dari 1 KK
KK BABS	= Jumlah kepala keluarga dengan buang air besar sembarangan
% BABS	= Persentase kepala keluarga dengan praktik buang air besar sembarangan
% Progres	= Persentase kepala keluarga bebas perilaku BABS a

Tabel 3. 2 Fasilitas Sanitasi Sanitasi di Krian

No	Desa/ Kelurahan	Jumlah KK	KK JSP	% JSP	KK JSSP	%JSSP	KK Sharing	%Sharing	KK BABS	% BABS	% progres
1	Terungwetan	609	544	89,33	0	0,00	65	10,67	0	0,00	100
2	Kemasan	1.143	1.012	88,54	14	1,22	117	10,24	0	0,00	100
3	Sidorejo	2.992	2.703	90,34	0	0,00	289	9,66	0	0,00	100
4	Barengkrajan	2.167	1.930	89,06	0	0,00	194	8,95	43	1,98	98,02
5	Terungkulon	1.103	907	82,23	9	0,82	128	11,6	59	5,35	94,65
6	Jerukgamping	670	409	61,04	29	4,33	196	29,25	36	5,37	94,63
7	Jatikalang	1.473	1.187	80,58	0	0,00	191	12,97	95	6,45	93,55
8	Keboharan	1.186	954	80,44	0	0,00	142	11,97	90	7,59	92,41
9	Kraton	1.809	1.371	75,8	12	0,66	278	15,37	148	8,18	91,82
10	Ponokawan	974	768	74,55	0	0,00	126	12,94	80	8,21	91,79
11	Tropodo	1.764	1.313	74,43	60	3,40	238	13,49	153	8,67	91,33
12	Terik	846	748	88,42	0	0,00	24	2,84	74	8,75	91,25
13	Tempel	1.857	1.555	83,74	0	0,00	138	7,43	164	4,53	91,17
14	Krian	1.787	1.111	62,17	0	0,00	518	28,99	158	4,54	91,16
15	Katerungan	1.244	929	74,68	35	2,81	168	13,5	112	9,00	91,00
16	Gamping	1.165	807	69,27	0	0,00	247	21,20	111	9,53	90,47
17	Sidomulyo	1.173	857	73,06	4	0,34	191	16,28	121	10,32	89,68
18	Sidomojo	954	697	73,06	0	0,00	141	14,78	116	12,16	87,84
19	Tambak kemerakan	1.256	714	56,85	10	0,80	374	29,78	158	12,58	87,42
20	Watugolong	1.554	1.053	67,76	0	0,00	237	15,25	264	16,99	83,01
21	Junwangi	1.473	901	61,17	1	0,07	250	16,97	321	21,79	78,21
22	Sadengan mijen	1.200	708	59,00	0	0,00	227	18,92	265	22,08	77,92
Total		30.399	23.178	76,25	174	0,57	4.479	14,73	2.568	8,45	91,55

Sumber: Anonim, 2016

3.4 Wilayah Perencanaan

Berdasarkan Gambar 3.3 dapat diketahui bahwa Wilayah Krian dibagi oleh sekat-sekat alami maupun buatan berupa sungai, kanal, saluran, dan rel kereta api. Kondisi tersebut menyebabkan pelayanan SPALD secara terpusat tidak dimungkinkan.

Faktor lain yang mempengaruhi penentuan wilayah perencanaan adalah kejadian banjir. Wilayah dengan kejadian banjir tidak dapat dilayani sistem SPALD untuk menghindari infiltrasi air dan kegagalan sistem pengolahan air limbah. Pembagian wilayah pelayanan berdasar sekat-sekat wilayah dapat dilihat pada Tabel 4.6.

Tabel 3. 3 Pembagian Wilayah yang Mungkin Dilayani SPALD

No.	Pembagian Wilayah Berdasarkan Sekat Wilayah (Desa/Kelurahan)	Jumlah Keluarga BABS	Jumlah Penduduk	Kejadian Banjir
1	- Desa Jerungkamping	36	4.462	Tidak
2	- Kel. Krian - Kelurahan Kemasan - Desa Terungkulon	217	20.847	Ya
3	- Desa Gamping - Desa Terik	185	8.048	Tidak
4	- Desa Junwangi	321	4.507	Ya
5	- Desa Tropodo - Desa Keterungan - Desa Sadenganmijen	530	15.657	Ya
6	- Desa Kraton	148	7.834	Tidak
7	- Kelurahan Tambak Kemerakan - Desa Sidomojo	158	10.781	Ya
8	- Desa Sidomojo - Desa Watugolong - Desa Barengkrajan - Desa Sidorejo - Desa Tempel	423	33.222	Ya
9	- Desa Ponokawan - Desa Keboharan	170	9.927	Ya
10	- Desa Jaticalang - Desa Keboharan	185	9.701	Ya

No.	Pembagian Wilayah Berdasarkan Sekat Wilayah (Desa/Kelurahan)	Jumlah Keluarga BABS	Jumlah Penduduk	Kejadian Banjir
11	- Desa Sidomulyo	121	5.646	Ya
12	- Desa Terungwetan - Desa Terungkulon	59	7.581	Tidak

Sumber: Anonim, 2016; Badan Penanggulangan Bencana Daerah Provinsi Jawa Timur, 2017; Badan Pusat Statistik Kabupaten Sidoarjo, 2016; Hasil Survei, 2017

Sebanyak 22 Desa/Kelurahan di Kecamatan Krian berdasar sekat-sekat wilayah dapat dikelompokkan menjadi 12 wilayah. Pada 12 wilayah tersebut, hanya 4 wilayah yang tidak mengalami kejadian banjir. Dengan pertimbangan di atas 4 wilayah tersebut ditentukan sebagai wilayah perencanaan. 4 wilayah tersebut meliputi:

- Wilayah 1: Desa Terungwetan dan Desa Terungkulon
- Wilayah 2: Desa Jerukgamping
- Wilayah 3: Desa Gamping dan Desa Terik
- Wilayah 4: Desa Kraton.

Pemetaan penduduk berperilaku BABS dilakukan pada 4 wilayah tersebut. Peta persebaran penduduk berperilaku BABS dapat dilihat pada Lampiran B. Adapun hasil pemetaan menunjukkan bahwa pelayanan SPALD dan IPALD yang diprioritaskan hanya terhadap penduduk berperilaku BABS tidak dapat dilakukan karena persebaran tidak terpusat, tidak efektifnya sistem pelayanan, dan biaya yang tinggi jika dibandingkan dengan jumlah penduduk terlayani.

3.4.1 Wilayah 1 (Desa Terungwetan dan Desa Terungkulon)

A. Desa Terungwetan

Desa Terungwetan memiliki luas wilayah sebesar 121 ha dengan luasan wilayah permukiman mencapai 30,23 ha. 90,77 ha lainnya didominasi oleh area persawahan. Wilayah permukiman tersebut terbagi dalam 2 RW dan 5 RT dengan jumlah penduduk 2.339 jiwa. Batas – batas Desa Terungwetan meliputi:

Utara : Desa Jaticalang

Timur : Kecamatan Sukodono

Selatan : Kecamatan Wonoayu

Barat : Desa Terungkulon

Secara umum Desa Terungwetan memiliki ketinggian antara 10,9 – 14,8 meter di atas permukaan laut. Kemiringan medan rata – rata wilayah ini mencapai 0,082%. Desa Terungwetan terletak berdekatan dengan sungai di sebelah utara dan selatan desa. Kedalaman muka air tanah di wilayah ini bervariasi antara 4 – 5 m di bawah tanah. Kedalaman muka air tanah 4 m berada di wilayah batas – batas desa.



Gambar 3. 5 Rencana lokasi IPALD wilayah 1 (kiri)

Gambar 3. 6 Kondisi jalan wilayah 1(kanan)

Gambar 3. 7 Sarana Sanitasi Terungkulon (bawah)

(Sumber: Hasil Survey, 2017)

Fasilitas umum di Desa Terungwetan mencakup 10 unit fasilitas peribadatan berupa masjid dan musala dan 4 unit sekolah. Fasilitas prasarana penyediaan air bersih sempat dibangun namun hanya berfungsi 3 – 4 bulan. Saat ini

penyediaan air bersih dilakukan menggunakan sumur gali dan sumur bor. Seluruh keluarga di wilayah ini tidak melakukan praktik BABS. Sementara itu, lebar jalan di wilayah ini mencapai 4 m. Peta gambaran wilayah Desa Terungketan dapat dilihat pada Lampiran A.

B. Desa Terungkulon

Desa Terungkulon memiliki luas wilayah sebesar 163 hektar dengan komposisi wilayah permukiman seluas 49,3 ha dan area persawahan sebesar 113,7 ha. Desa Terungkulon terdiri dari 3 RW dan 16 RT dengan jumlah penduduk 5.018 jiwa. Batas – batas Desa Terungkulon meliputi:

Utara : Desa Keboharan

Timur : Desa Terungketan

Selatan : Desa Junwangi

Barat : Kelurahan Kemasan

Secara umum ketinggian di wilayah Terungkulon berkisar 10,9 – 14,2 mdpl. Wilayah elevasi rendah berada di area persawahan di bagian selatan desa. Rata – rata kemiringan medan di wilayah ini mencapai 0,056%. Kedalaman muka air tanah di wilayah ini mencapai 1,5 di lokasi tepi sungai hingga 5 meter di dekat jalan utama desa.

Desa Terungkulon terbelah oleh sungai dan rel kereta api. Lebar jalan di wilayah ini mencapai 4 – 5 m. Terdapat 24 fasilitas peribadatan dan 3 sekolah wilayah Terungkulon. Prasarana air bersih tidak terdapat di Desa Terungkulon, warga menggunakan sumur gali dan sumur bor untuk memenuhi kebutuhan air bersihnya. Terdapat 59 keluarga dengan perilaku BABS di Desa Terungkulon yang tersebar di beberapa lokasi. Peta gambaran umum Desa Terungkulon dapat dilihat pada Lampiran A.

Desa Terungketan dan Desa Terungkulon dapat dilayani oleh 1 sistem karena lokasinya bersebelahan langsung tanpa dibatasi sungai maupun sekat – sekat buatan manusia lain. Rencana lokasi IPALD berada di lapangan belakang kantor Desa Terungkulon. Lebar lokasi tersebut mencapai 73 m sementara panjang lapangan mencapai 113 m. Elevasi pada daerah tersebut adalah 12,7 m dengan muka air tanah mencapai 5 m. Lokasi IPAL berada di sebelah ujung timur laut lapangan dengan jarak 72 m dari aspal.

3.4.2 Wilayah 2 (Desa Jerukgamping)

Desa Jerukgamping, Desa Gamping, dan Desa Terik terletak bersebelahan namun pelayanan tidak dapat disatukan karena Desa Jerukgamping dan Desa Gamping terpisah sungai yang cukup lebar. Oleh karena itu, pelayanan dipisahkan menjadi wilayah 2 meliputi Desa Jerukgamping dan wilayah 3 meliputi Desa Gamping dan Desa Terik

Desa Jerukgamping memiliki luas wilayah 117 hektar dengan penggunaan lahan permukiman seluas 57,4 ha dan area persawahan sebesar 59,5 ha. Menurut RTRW Kabupaten Sidoarjo, Desa Jerukgamping direncanakan untuk area persawahan sebesar 22,8 ha. Sebanyak 94,2 ha direncanakan untuk wilayah permukiman perkotaan, permukiman perdesaan, dan wilayah perdagangan dan jasa. Kondisi tersebut menggambarkan belum berkembangnya Desa Jerukgamping secara optimal. Desa Jerukgamping dipisahkan oleh sungai dan area persawahan membuat pusat permukiman saat ini dapat dibagi menjadi 2 yakni area perumahan dan perkampungan. Area perumahan belum padat penduduk sehingga perencanaan berfokus pada area perkampungan di sebelah utara desa. Desa Jerukgamping terdiri dari 2 RW dan 12 RT dengan jumlah penduduk sebanyak 4.462 jiwa. Batas – batas wilayah desa meliputi:

Utara : Kelurahan Krian dan Kelurahan Kemasan

Timur : Desa Gamping

Selatan : Desa Sadenganmijen

Barat : Desa Katerungan

Ketinggian muka tanah di Desa Jerukgamping bervariasi antara 12 – 15 mdpl. Rata – rata kemiringan medan di wilayah ini mencapai 0,002%. Kedalaman muka air tanah di wilayah Desa Jerukgamping mencapai 4 m di bawah permukaan tanah.

Fasilitas umum yang termasuk di wilayah ini meliputi 6 fasilitas peribadatan dan 5 unit sekolah. Prasarana air bersih yang digunakan di Desa Jerukgamping adalah sumur gali dan sumur bor. Sementara itu, masih terdapat 36 keluarga dengan perilaku BABS di wilayah ini. Lebar jalan mencapai 5 m. Rencana lokasi IPALD memiliki lebar 30 m dan panjang 45 meter. Sawah ini merupakan tanah kas Desa Jerukgamping. Elevasi rencana

lokasi IPAL mencapai 13,6 mdpl. Peta gambaran umum Desa Jerukgamping dapat dilihat pada lampiran A.



Gambar 3. 8 Rencana lokasi IPALD wilayah 2 (kiri)

Gambar 3. 9 Kondisi jalan wilayah 2 (Kanan)

(Sumber: Hasil Survei, 2017)

3.4.3 Wilayah 3 (Desa Gamping dan Desa Terik)

A. Desa Gamping

Desa Gamping memiliki luas wilayah sebesar 137 hektar dengan luas wilayah permukiman sebesar 68,3 ha dan wilayah persawahan sebesar 68.7 ha. Desa Gamping terdiri dari 3 RW dan 13 RT yang mencakup 2 perumahan. Jumlah penduduk di Desa Gamping adalah 4.084 jiwa. Batas – batas wilayah Desa Gamping meliputi:

Utara : Kelurahan Kemasan

Timur : Desa Terik

Selatan : Kecamatan Wonoayu

Barat : Desa Jerukgamping

Elevasi muka tanah di Desa Gamping adalah 10 – 15 mdpl. Rata – rata kemiringan medan di Desa Gamping adalah 0,075%. Kedalaman muka air tanah di wilayah ini mencapai 4 m. Desa Gamping dilewati oleh sungai yang memiliki lebar 5 m. Sungai tersebut dimanfaatkan sebagai drainase dan buangan air limbah.

Prasarana air bersih di Desa Gamping meliputi sumur gali dan sumur bor. Terdapat 111 keluarga dengan perilaku BABS di Desa Gamping. Luas jalan di Desa Gamping mencapai 5 m. Sementara itu, fasilitas umum di Desa Gamping meliputi 17 unit

fasilitas peribadatan dan 2 unit sekolah. Peta gambaran wilayah Desa Gamping dapat dilihat pada lampiran A.

B. Desa Terik

Desa Terik memiliki luas wilayah sebesar 135 hektar di mana 33,5 ha merupakan wilayah permukiman sementara 131,5 lainnya area persawahan. Desa Terik terbagi menjadi 5 RW dan 15 RT dengan jumlah penduduk mencapai 3.180 jiwa. Batas – batas wilayah Terik meliputi.

Utara : Desa Junwangi

Timur : Kecamatan Wonoayu

Selatan : Kecamatan Wonoayu

Barat : Desa Gamping



Gambar 3. 10 Rencana lokasi IPALD wilayah 3 (kiri)

Gambar 3. 11 Kondisi jalan wilayah 3(kanan)

(Sumber: Hasil Survei, 2017)

Ketinggian muka tanah di Desa Terik berada antara 10 – 14,5 mdpl. Rata – rata kemiringan medan mencapai 0,075%. Di sebelah utara desa, terdapat sungai yang digunakan sebagai irigasi area persawahan. Kedalaman muka air tanah di wilayah ini mencapai 5 m. Fasilitas air bersih yang digunakan meliputi sumur gali dan sumur bor. Sementara itu, terdapat 74 keluarga masih melakukan praktik BABS. Fasilitas umum di Desa Terik meliputi 17 fasilitas peribadatan, 3 unit sekolah, dan 1 unit industri rumah tangga. Lebar jalan di wilayah ini mencapai 6 m.

Rencana lokasi IPAL merupakan tanah kas Desa Terik. Lokasi tersebut terbagi menjadi 2 oleh jalan paving. Lebar lokasi 1 sebesar 18 meter dan panjang sebesar 55 m. Lokasi 2

berbentuk segitiga dengan memiliki lebar 20 m dengan panjang 42 m. Elevasi pada rencana lokasi IPAL mencapai 13,6 mdpl.

3.4.4 Wilayah 4 (Desa Kraton)

Desa Kraton memiliki luas area sebesar 165 hektar dengan wilayah permukiman mencapai 95,2 ha; wilayah perindustrian sebesar 27,7 ha; dan wilayah persawahan mencapai 42,1 ha. Desa Kraton terdiri atas 4 RW dan 23 RT dengan jumlah penduduk sebesar 7.834 jiwa. Batas – batas wilayah Desa Kraton meliputi:

Utara : Desa Sidomulyo

Timur : Kelurahan Tambak Kemerakan

Selatan : Kelurahan Krian

Barat : Kecamatan Balongbendo

Ketinggian wilayah Desa Kraton mencapai 12,7 hingga 15,4 mdpl. Rata – rata kemiringan medan mencapai 0,065%. Kedalaman air tanah mencapai 5 m. Fasilitas air bersih menggunakan sumur bor dan sumur gali. Jumlah keluarga BABS di Desa Kraton mencapai 148 keluarga yang tersebar di berbagai lokasi. Fasilitas umum di Desa Kraton meliputi 30 unit fasilitas peribadatan, 5 unit sekolah, dan 57 unit industri rumah tangga. Lebar jalan di wilayah ini mencapai 5 m.



Gambar 3. 12 Rencana Lokasi IPALD wilayah 4 (kiri)

Gambar 3. 13 Kondisi jalan wilayah 4(kanan)

(Sumber: Hasil Survei, 2017)

Rencana lokasi IPAL berada di lapangan sebelah kantor Desa Kraton. Lapangan tersebut memiliki lebar 19 m dan panjang 50 m. Lapangan tersebut memiliki elevasi 14,5 m.

BAB 4

METODE PERENCANAAN

4.1 Umum

Kerangka perencanaan menjelaskan adanya perbedaan antara realitas dan kondisi ideal yang seharusnya terjadi. Tujuan dari penyusunan kerangka perencanaan adalah sebagai gambaran awal mengenai tahapan perencanaan agar pelaksanaan dan penulisan dilakukan secara sistematis. Kerangka perencanaan secara garis besar ditunjukkan pada Gambar 4.1

4.2 Kerangka Perencanaan

4.2.1 Ide Perencanaan

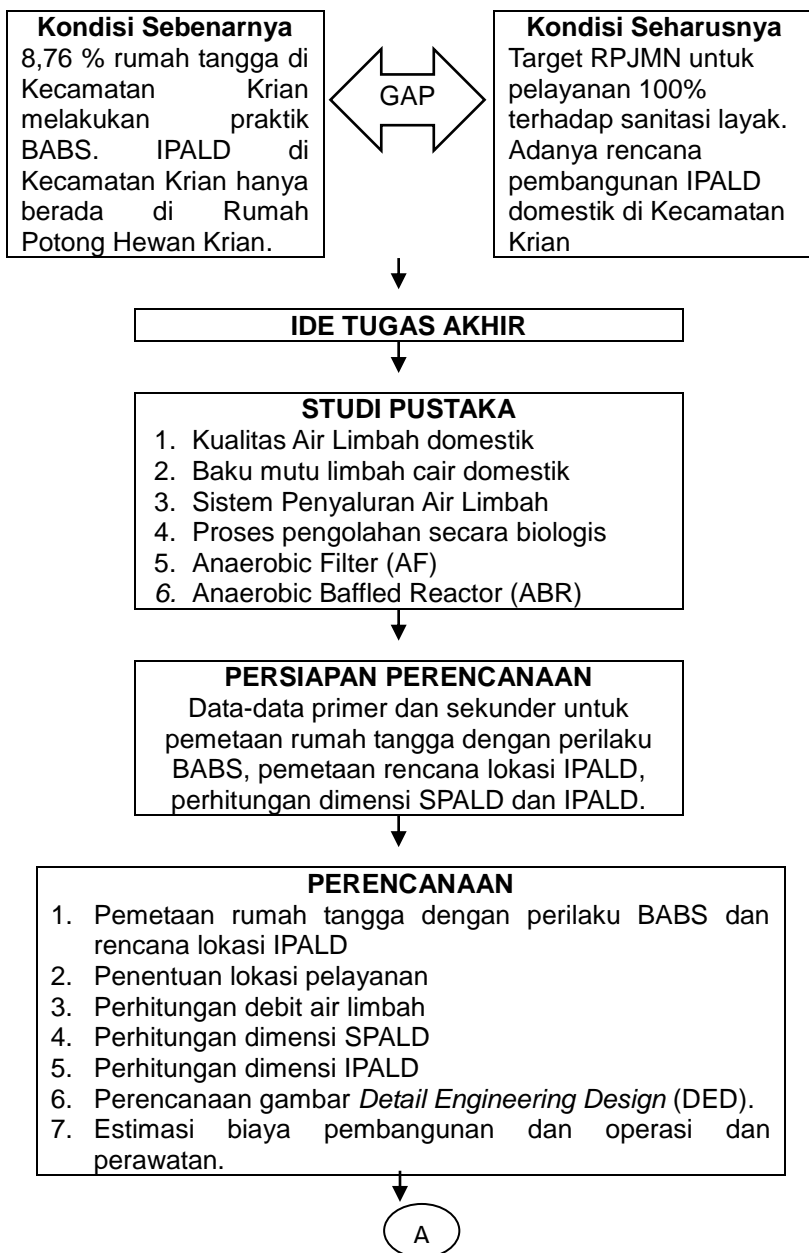
Ide perencanaan muncul akibat adanya gap rencana pembangunan IPALD di Kecamatan Krian yang tertuang dalam dokumen Memorandum Program Sektor Sanitasi Kabupaten Sidoarjo serta target RPJMN 100% pelayanan sektor sanitasi. Di sisi lain, sebanyak 8,76% rumah tangga di Krian masih melakukan praktik BABS sementara IPALD yang terdapat di Krian hanya berada di Rumah Potong Hewan Krian menunjukkan kurangnya fasilitas instalasi pengolahan air limbah domestik di Kecamatan Krian.

4.2.2 Studi Literatur

Studi literatur dalam masa perencanaan dilakukan untuk mengumpulkan informasi terkait teori-teori terkait perencanaan. Studi dilakukan terhadap aspek-aspek yang berkaitan dengan pengolahan air limbah domestik; perancangan Sistem Penyaluran Air Limbah Domestik (SPALD) meliputi *Conventional Gravity Sewer*, *Small Bore Sewer*, dan *Shallow Sewer*; serta instalasi pengolahan air limbah domestik dan perancangan *Anaerobic Baffled Reactor (ABR)* atau *Anaerobic Filter (AF)*.

4.2.3 Pengumpulan Data

Pengumpulan data primer dan sekunder dilakukan untuk memperoleh data-data relevan. Data tersebut digunakan dasar pertimbangan dalam perencanaan. Sumber data dapat diperoleh pada beberapa instansi yang tercakup dalam Tabel 3.1





KESIMPULAN

Gambar 4. 1 Kerangka Perencanaan
Tabel 4. 1 Jenis dan Sumber Data

Jenis Data	Sumber Data
Data Sekunder	
Rumah tangga dengan praktik buang air besar sembarangan (BABS)	Puskesmas Krian
Kuantitas air limbah	Penelitian terdahulu
Kualitas air limbah	Penelitian Terdahulu
Harga Satuan Pokok Kegiatan	Pemerintah Kota, Surabaya
Primer	
Topografi area pelayanan	GPS
Jalur SPALD dan Lokasi IPALD	Survei dan Observasi

Data rumah tangga dengan praktik buang air besar sembarangan (BABS) diperoleh dari puskesmas setempat. Data jumlah penduduk diperoleh dari Badan Pusat Statistik Kabupaten Sidoarjo. Harga Satuan Pekerjaan Kota Surabaya yang diperlukan untuk perhitungan biaya pembangunan SPALD dan IPALD dapat diperoleh dari Dinas Pekerjaan Umum Kabupaten Sidoarjo. Sedangkan kualitas air limbah domestik diperoleh melalui penelitian terdahulu. Data primer berupa topografi area pelayanan didapatkan dengan survei dengan GPS. Panjang jalur dan elevasi yang terdata dalam GPS diolah menggunakan *software Ms. Excel*. Data ketersediaan lahan untuk unit SPALD serta IPALD diperoleh dengan cara wawancara tidak terstruktur dan observasi kepada tokoh masyarakat (Lurah/Kepala Desa, Ketua RW, Ketua RT, dan stafnya).

4.2.4 Perencanaan SPALD dan IPALD

Data – data yang terkumpul diolah untuk memenuhi tujuan perencanaan ini. Berikut merupakan langkah – langkah perencanaan yang dilakukan:

1. Penentuan karakteristik dan baku mutu air limbah

Baku mutu air limbah menggunakan Peraturan Gubernur Jawa Timur No. 72 tahun 2013 tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Industri dan/atau Kegiatan Usaha Lainnya sesuai dengan lokasi administratif wilayah perencanaan. Kualitas efluen air limbah pada unit perancangan didesain memenuhi nilai baku mutu pada Sub Bab 2.1.2. Sementara itu, kualitas air limbah yang digunakan diperoleh dari 10 penelitian terdahulu kemudian di rata – rata untuk memperoleh kualitas air yang objektif.

2. Penentuan wilayah perencanaan.

Pemilihan lokasi wilayah perencanaan dengan beberapa kriteria yakni penggunaan lahan beserta kejadian banjir di masing-masing wilayah. Selain itu, penentuan wilayah perencanaan mempertimbangkan kondisi penggunaan lahan dan rencana penggunaan lahan seperti tertuang pada sup bab 3.4.

3. Pemetaan rumah tangga dengan praktik BABS dan lokasi IPALD di Kecamatan Krian pada peta Kecamatan Krian.

Lokasi rumah tangga dengan praktik BABS dan lokasi IPALD teridentifikasi melalui data puskesmas, survei, dan observasi. Lokasi IPALD yang digunakan dalam perencanaan ini adalah tanah bengkok dan tanah kas desa/kelurahan. Lokasi tersebut kemudian di plot pada Peta Kecamatan Krian menggunakan *software autocad*. Pemetaan juga dilakukan pada permukiman rencana pelayanan, jalur rencana SPALD, dan rencana lokasi SPALD.

4. Penentuan Periode Perencanaan

Periode perencanaan ditetapkan selama 5 tahun sesuai dengan lampiran II Peraturan Menteri Perumahan Umum dan Pemukiman Rakyat No 4 Tahun 2017 tentang Penyelenggaraan Sistem Pengelolaan Air Limbah Domestik. Selain itu, proyeksi penduduk merupakan estimasi sehingga sifatnya tidak akurat. Semakin banyak data *timeseries* semakin presisi hasil proyeksi penduduk. Penentuan periode

perencanaan tersebut disebabkan data penduduk *timeseries* di Kecamatan Krian hanya diperoleh selama 6 tahun. Metode proyeksi dipilih menggunakan rasio korelasi dengan nilai yang paling mendekati 1.

5. Perhitungan Debit Air Limbah

Debit air limbah dihitung menggunakan persamaan – Pada perencanaan ini nilai kuantitas air limbah domestik mengacu pada standar kebutuhan air bersih domestik dalam Sub Bab 2.3. Kebutuhan air non-domestik menggunakan nilai pada Tabel 2.4. Pada kategori yang memiliki rentang nilai, digunakan nilai paling besar untuk mengantisipasi kurangnya kapasitas pelayanan. Konsumsi air bersih yang digunakan adalah 120 liter / orang hari mengacu pada jumlah penduduk Kecamatan Krian.

6. Pemilihan Alternatif sistem SPALD dan unit IPALD

Gambar 2.3 adalah kurva hidrolis pipa dengan bentuk telur, pipa dengan bentuk ini memiliki *self-cleansing* yang lebih mudah untuk debit air limbah yang kecil. Pipa berbentuk telur cocok untuk digunakan dalam sistem tercampur antara air limbah dan air hujan. Sementara itu, perencanaan ini menggunakan sistem terpisah antara air limbah dan air hujan. Hal ini disebabkan biaya konstruksi sistem tercampur relatif lebih tinggi pada pekerjaan skala kecil. Selain itu, keberadaan material yang harganya sebanding dengan pipa lingkaran belum terdapat dalam lingkup lokal. Di sisi lain, Kecamatan Krian telah memiliki banyak saluran drainase meskipun belum semuanya berfungsi baik.

Pemilihan alternatif menggunakan metode pembobotan parameter kunci alternatif dan skoring yang dinilai berdasarkan kesesuaian kondisi wilayah perencanaan serta kuantitas dan kualitas air limbah.

7. Perhitungan Dimensi dan Galian Pipa SPALD

Perhitungan dimensi dan galian pipa SPALD dilakukan dengan persamaan – persamaan dalam sub bab 2.5. Dalam perhitungan dimensi SPALD, dilakukan *trial error* pada slope desain pipa untuk memenuhi kriteria desain v minimal dan d minimal. Kriteria desain yang digunakan adalah *shallow sewer*. Adapun langkah - langkah perhitungan dimensi dan galian pipa SPALD meliputi:

- a) Asumsi nilai d/D untuk memperoleh nilai Q_{min}/Q_{full} dengan kurva pada Gambar 2.3.
- b) Menghitung slope medan dengan persamaan (2.11)
- c) Perhitungan nilai Q_f dengan persamaan (2.12)
- d) Perhitungan diameter pipa dengan persamaan (2.13)
- e) Koreksi diameter pipa dengan ukuran pipa di pasar
- f) Koreksi Q_f dengan persamaan (2.13)
- g) koreksi d/D melalui Gambar 2.3. dengan Q_{min} / Q_f koreksi
- h) Perhitungan V_{min} dengan persamaan (2.16)
- i) Perhitungan kedalaman galian dilakukan mengurangi nilai elevasi dengan kedalaman pipa dari Slope

8. Perhitungan ABR

Dimensi ABR diperoleh dengan model perhitungan pada sub bab 2.7.2. Model tersebut dikembangkan dengan berbagai pertimbangan desain yang berasal dari pengalaman dan teori terkait (Sasse et al, 2009). Berikut merupakan langkah – langkah perhitungan unit ABR.

- a) Input debit dan waktu pengaliran air limbah
- b) Input COD, BOD, HRT, SS/COD, lama pengurasan, dan jumlah kompartemen.
- c) Dari permodelan matematika tersebut diperoleh COD, BOD, dan dimensi ABR.
- d) *Trial error* dilakukan terhadap jumlah kompartemen untuk memperoleh penyisihan BOD dan COD yang sesuai standar baku mutu.
- e) Perhitungan galian dan fondasi untuk IPALD

9. Perancangan *Detail Engineering Design* Unit SPALD dan IPALD.

Hasil perhitungan SPALD dan IPALD diwujudkan dalam gambar detail. Gambar yang detail diperlukan untuk perhitungan estimasi biaya. Gambar detail meliputi *layout* zona SPALD dan IPALD, gambar detail unit – unit penyaluran dan pengolahan air limbah, gambar potongan unit SPALD dan IPALD, serta profil hidrolis unit SPALD dan IPALD.

10. Perhitungan estimasi biaya

Estimasi biaya meliputi perhitungan *Bill of Quantity* (BOQ) serta estimasi biaya pembangunan dan operasional

berdasarkan HSPK Kabupaten Sidoarjo 2017. Estimasi biaya operasional direncanakan selama 5 tahun.

4.2.5 Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan dan saran didapatkan dari hasil analisa data dan pembahasan perencanaan sesuai dengan tujuan perencanaan. Kesimpulan perencanaan meliputi:

- Pemetaan rumah tangga berperilaku BABS dan lokasi IPALD rencana.
- *Detail Engineering Desain* dari perencanaan SPALD di Kecamatan Krian, Kabupaten Sidoarjo.
- *Detail Engineering Desain* dari perancangan IPALD di Kecamatan Krian, Kabupaten Sidoarjo.
- *Bill of Quantity* (BOQ) dan Rencana Anggaran Biaya (RAB) dari rancangan pengolahan air limbah domestik di Kecamatan Krian, Kabupaten Sidoarjo.

“Halaman ini sengaja dikosongkan.”

BAB 5

HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1 Pemilihan Alternatif Unit Pengolahan

Pemilihan alternatif SPALD dan IPALD dilakukan dengan cara penilaian skor. Kriteria pemilihan didasarkan pada beberapa parameter representatif untuk memberikan penilaian seobjektif mungkin. Berikut merupakan uraian dalam penentuan alternatif sistem.

- a) Parameter pemilihan sistem
- b) Pembobotan untuk masing-masing parameter.

Bobot ditentukan berdasarkan kepentingannya terhadap keberhasilan sistem dengan jumlah keseluruhan bobot adalah 100%.

- c) Pemberian skor penilaian parameter terhadap masing-masing alternatif.

Skor diberikan dengan pertimbangan kesesuaian penerapan sistem pada wilayah perencanaan dengan nilai sebagai berikut:

- Nilai 1 : Kurang sesuai
- Nilai 2 : Lebih sesuai

- d) Perhitungan Total Skor

Total skor dihitung dengan mengalikan skor dan bobot (Total = skor x bobot). Alternatif SPALD yang dipilih merupakan alternatif dengan nilai terbesar.

5.1.1 Pemilihan Alternatif SPALD

Parameter yang digunakan adalah kecepatan aliran minimal, kebutuhan akan pengolahan awal, kedalaman galian, serta reliabilitas sistem. Parameter tersebut merupakan faktor yang dinilai penting dalam performa sistem penyaluran air limbah.

Kecepatan aliran minimal dan kedalaman galian menjadi krusial dalam pemilihan sistem SPALD karena topografi wilayah perencanaan yang datar. Dalam perhitungan dimensi pipa, peningkatan kecepatan dapat dilakukan dengan perubahan slope pipa. Namun, penggunaan slope yang besar membuat kedalaman galian menjadi lebih besar. Keterangan mengenai kondisi kemiringan lahan, ketinggian medan, penggunaan lahan,

dan gambaran umum lain wilayah perencanaan dapat dilihat pada Bab 3. Peta kontur Kecamatan Krian dapat dilihat pada Gambar 3.2. Peta wilayah perencanaan dapat dilihat pada Lampiran A.

Tabel 5. 1 Pemilihan Sistem Penyaluran Air Limbah

Parameter	Bobot	Konvensional		Small Bore Sewer		Shallow Sewer	
		Skor	Total	Skor	Total	Skor	Total
Slope Minimal	10%	1	0,10	1	0,1	2	0,20
Kecepatan aliran minimal	25%	1	0,25	2	0,5	1	0,25
Diameter Minimal	10%	1	0,10	2	0,2	2	0,20
Perlu pengolahan awal	20%	2	0,40	1	0,2	2	0,40
Kedalaman galian	15%	1	0,15	2	0,3	2	0,30
Reliabilitas	20%	2	0,40	1	0,2	1	0,20
Total			1,40		1,5		1,55

Sumber: Hasil Perhitungan, 2017

Sesuai dengan lingkup perencanaan, pemilihan sistem dipilih selain pada performa, juga pada biaya yang diperlukan. Penilaian skor didasarkan pada kriteria desain masing-masing sistem yang dapat dilihat pada Tabel 2.5. Berdasarkan kriteria tersebut tingkat kesesuaian dipilih sebagai berikut:

- Slope Minimal

Nilai 2 : Slope minimal paling rendah

Nilai 1 : Slope minimal lebih besar

Wilayah perencanaan memiliki slope medan sebesar 0 – 0,00682. Untuk memperoleh kedalaman galian pipa minimal, diperlukan slope minimal pipa yang lebih kecil. Berdasarkan Tabel 2.5 slope minimal terendah dimiliki oleh sistem *shallow sewer* sebesar 0,006. Oleh karena itu, sistem ini memiliki skor 2.

- Kecepatan Aliran Minimal

Nilai 2 : Kecepatan aliran paling kecil

Nilai 1 : Kecepatan aliran lebih besar

Untuk memenuhi nilai kecepatan aliran minimal, slope pipa biasanya diperbesar yang secara tidak langsung akan

memperbesar kedalaman galian pipa. Oleh karena itu, pada lahan yang landai kecepatan aliran yang kecil akan lebih menguntungkan. Berdasarkan Tabel 2.5 *small bore sewer* memiliki kecepatan aliran paling kecil sehingga memiliki skor 2.

- Diameter pipa minimal
Nilai 2 : Diameter pipa minimal terkecil
Nilai 1 : Diameter pipa minimal lebih besar

Berdasarkan Tabel 2.5. diameter pipa minimal sistem konvensional adalah 200 mm. Sementara itu, sistem lain memiliki diameter pipa minimal 100 mm. Diameter yang lebih besar membutuhkan biaya yang lebih tinggi. Oleh karena itu, skor sistem konvensional adalah 1 sedangkan sistem lain mendapat skor 2.

- Perlunya Pengolahan Awal
Nilai 2 : Tidak membutuhkan pengolahan awal
Nilai 1 : Memerlukan pengolahan awal

Pada wilayah perencanaan masih terdapat rumah tangga yang tidak memiliki tangki septik. Pengupayaan penggunaan tangki septik atau pengolahan air limbah setempat lebih sederhana telah dilakukan sejak tahun 2009 oleh puskesmas. Namun, praktik BABS belum dapat dituntaskan hingga kini. Apabila pengolahan awal dibebankan kepada rumah tangga di area pelayanan, kecil kemungkinan dilakukan pembangunan mandiri, sebaliknya apabila dibebankan pada biaya pembangunan SPALD kebutuhan pengolahan awal akan meningkatkan biaya pembangunan.

Berdasarkan Tabel 2.5. sistem *small bore sewer* memerlukan bangunan pengolahan awal berupa tangki septik atau bak pengendap lain. Tanpa adanya pengolahan awal sistem ini tidak dapat berjalan. Oleh karena itu, diberi skor 1. Sistem konvensional maupun sistem *shallow sewer* dapat beroperasi tanpa adanya pengolahan awal sehingga diberi skor 2.

- Kedalaman galian pipa minimal
Nilai 2 : Kedalaman galian pipa minimal paling kecil
Nilai 1 : Kedalaman galian pipa minimal lebih besar

Kedalaman galian pipa yang besar berimbas pada kebutuhan biaya yang lebih besar. Oleh karena itu, kedalaman pipa minimal diperlukan untuk membuat sistem dengan biaya minimal. Selain itu, kedalaman galian menjadi faktor penting

untuk mencegah infiltrasi air tanah ke dalam pipa. Infiltrasi air tanah akan menyebabkan peningkatan beban hidrolis pada unit IPALD. Hal ini berpotensi mengurangi efisiensi pengolahan air limbah di unit IPALD. Sistem konvensional memiliki diameter pipa minimal serta kecepatan aliran minimal yang lebih tinggi dari sistem lain. Kondisi tersebut menyebabkan sistem konvensional memperoleh skor 1 sedangkan sistem lain memperoleh skor 2.

- Reliabilitas Sistem

Nilai 2 : Reabilitas paling tinggi

Nilai 1 : Reabilitas lebih rendah

Reliabilitas sistem merupakan pengalaman keberhasilan penggunaan sistem. Hal ini menjadi faktor kritis terutama di wilayah berkembang karena keterbatasan sumber daya yang dimiliki (Mara, 2013). Sistem konvensional memiliki reliabilitas tinggi karena sudah banyak digunakan dan dapat beroperasi. Sementara itu, implementasi sistem *shallow sewer* pernah dilakukan di Bandung sebagai *pilot project* dan Yogyakarta. Namun, sistem mengalami kendala dalam operasionalnya. Sementara itu, sistem *small bore sewer* belum diperoleh informasi mengenai implementasinya sehingga tidak diketahui bagaimana performa sistem tersebut. Dengan pertimbangan kondisi di atas, sistem konvensional diberi skor 2, sistem *shallow sewer* diberi skor 1, dan sistem *small bore sewer* diberi skor 1. Dengan beberapa pertimbangan di atas, sistem yang digunakan untuk perencanaan ini adalah *shallow sewer*.

Sistem *shallow sewer* dipilih sebagai sistem SPALD di wilayah perencanaan dengan total skor tertinggi sebesar 1,55. Sistem konvensional dan sistem *small bore sewer* masing-masing memperoleh total skor 1,4 dan 1,5.

5.1.2 Pemilihan Alternatif IPALD

Wilayah perencanaan memungkinkan penggunaan sistem skala komunitas. Berdasarkan uraian pada sub bab 2.7, terdapat 2 unit alternatif yang sesuai untuk digunakan pada skala komunitas yakni unit ABR dan AF. Pada sub bab ini akan dipilih unit yang paling sesuai untuk perencanaan melalui metode skoring dan pembobotan parameter kunci. Hasil skoring dapat dilihat pada Tabel 5.2.

Tabel 5. 2 Pemilihan Alternatif IPALD

Parameter	Bobot	ABR		AF	
		Skor	Total	Skor	Total
Efisiensi	10%	2	0,2	2	0,2
Reliabilitas	20%	2	0,4	2	0,4
Produksi Lumpur	20%	1	0,2	2	0,4
Kebutuhan Lahan	10%	2	0,2	1	0,1
Biaya	20%	2	0,4	1	0,2
Kesederhanaan sistem	20%	2	0,4	1	0,2
Total			1,8		1,5

Sumber: Hasil Perhitungan, 2017

Parameter perbandingan sistem didasarkan kepada kriteria faktor kritis dalam pemilihan teknologi pengolahan air limbah di negara berkembang (Mara, 2013). Terdapat 6 faktor yang dapat digunakan sebagai acuan pemilihan IPALD yakni efisiensi, reliabilitas, produksi lumpur, kebutuhan lahan, biaya, dan kesederhanaan sistem.

- Efisiensi Pengolahan
 Nilai 2 : Efisiensi Pengolahan >70%
 Nilai 1 : Efisiensi pengolahan <70%
 Menurut Sasse (2009), Unit ABR dan AF memiliki efisiensi pengolahan sebesar 70-90%. Nilai tersebut, relatif besar dibanding unit pengolahan lain. Oleh karena itu, kedua alternatif memperoleh skor 2.

- Reliabilitas
 Nilai 2 : Reliabilitas paling tinggi
 Nilai 1 : Reliabilitas lebih rendah

Unit ABR dan Unit AF telah banyak digunakan untuk mengolah air limbah domestik di Indonesia. Hasil pengolahan unit – unit tersebut menunjukkan keberhasilan dalam mengolah air limbah sesuai baku mutu yang disyaratkan sesuai dengan uraian dalam sub bab 2.8 tentang penelitian pendahuluan. Atas pertimbangan tersebut, kedua unit memperoleh skor 2.

- Produksi Lumpur
 Nilai 2 : Produksi lumpur paling kecil
 Nilai 1 : Produksi lumpur lebih besar
 Menurut Sasse dkk (2009) unit AF menghasilkan lebih sedikit lumpur dibandingkan unit ABR. Oleh karena itu, ABR

memiliki skor 1 sedangkan AF memiliki skor 2. Volume lumpur sedikit akan mengurangi volume bak pengendap di unit AF.

- Kebutuhan Lahan

Nilai 2 : Kebutuhan lahan paling kecil

Nilai 1 : Kebutuhan lahan lebih besar

Unit AF memiliki rentang nilai HRT yang lebih besar dibandingkan unit ABR. HRT yang tinggi menghasilkan volume IPALD yang besar. Ukuran volume besar akan berdampak pada biaya yang lebih tinggi. Selain itu, unit AF memerlukan perawatan dan penggantian media filter secara berkala. Hal itu meningkatkan biaya operasional yang diperlukan oleh unit AF. Berdasarkan pertimbangan di atas, unit ABR mendapat skor 2 sedangkan unit AF mendapatkan skor 1.

- Kesederhanaan Sistem

Nilai 2 : Kebutuhan bentuk dan perawatan paling sederhana

Nilai 1 : Kebutuhan bentuk dan perawatan yang lebih rumit

Kesederhanaan sistem, secara proses kedua sistem memiliki kompleksitas tinggi. Namun, dalam hal praktis, unit ABR memiliki tingkat kesederhanaan lebih tinggi dalam hal bentuk bangunan serta perawatan yang lebih sederhana. Di sisi lain, unit AF memerlukan bahan berupa media filter yang tidak selalu ada di wilayah sekitar perencanaan. Kedua faktor di atas membuat ABR dapat dinilai lebih sederhana dibandingkan sistem AF sehingga memperoleh skor 2 sedangkan unit AF memperoleh skor 1.

5.2 Proyeksi Penduduk dan Fasilitas Umum

Proyeksi dilakukan untuk memperkirakan jumlah penduduk dan fasilitas umum terlayani SPALD di masa mendatang. Hasil perkiraan tersebut digunakan untuk menghitung debit air limbah yang akan dilayani. Proyeksi dilakukan dalam kurun waktu 5 tahun sesuai dengan uraian pada sub bab 4.2.

5.2.1 Proyeksi Penduduk

Adapun jumlah penduduk di wilayah Kecamatan Krian dapat dilihat pada Tabel 3.1. Selama kurun waktu 2010 - 2016,

pertumbuhan penduduk mengalami fluktuasi bahkan sempat mengalami pertumbuhan konstan. Sebelum dilakukan perhitungan proyeksi, terlebih dahulu dilakukan perhitungan rata – rata pertumbuhan penduduk (r). Hal ini dilakukan untuk mengetahui nilai standar deviasi dan rentang pertumbuhan penduduk di Kecamatan Krian. Apabila terdapat nilai pertumbuhan penduduk yang berada di luar rentang tersebut, maka pertumbuhan penduduk pada tahun itu tidak digunakan dalam perhitungan rasio korelasi untuk menentukan metode proyeksi penduduk. Pertumbuhan penduduk di Kecamatan Krian dapat dilihat pada Tabel 5.4. Berikut merupakan contoh perhitungan pertumbuhan penduduk.

Pertumbuhan Penduduk 2010 – 2011

$$\begin{aligned} \text{Persentase} &= (P_{2011} - P_{2010}) / P_{2010} \times 100\% \\ \text{pertumbuhan} &= (112.898 - 111.309) / 111.309 \times 100\% \\ &= 1.589 / 111.309 \times 100\% \\ &= 1,43\% \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan laju pertumbuhan penduduk dan standar deviasinya, terdapat nilai pertumbuhan penduduk yang berada di luar rentang batas atas dan batas bawah yakni 7,72% (pertumbuhan penduduk tahun 2012 menuju tahun 2013. Oleh karena itu, Penduduk di tahun 2013 tidak digunakan dalam perhitungan pemilihan rasio korelasi. Tabel hasil perhitungan rasio korelasi dapat dilihat pada Tabel 5.3. Hasil perhitungan rasio korelasi menunjukkan bahwa metode geometri memiliki nilai tertinggi yakni 0,889. Metode geometri dipilih sebagai metode proyeksi penduduk karena nilai rasio korelasinya paling mendekati angka 1. Hasil Proyeksi dapat dilihat pada Tabel 5.5.

Hasil proyeksi penduduk dibandingkan dengan pertimbangan wilayah permukiman RTRW Kabupaten Sidoarjo. Luas wilayah permukiman Krian adalah 14.271.400 m². Dalam RTRW, 40% luas tersebut untuk fasilitas umum. Sehingga sebesar 5.708.560 m² wilayah Krian digunakan untuk fasilitas umum, menyisakan 8.562.840 m² untuk area permukiman. Dalam RTRW, kebutuhan lahan kaveling dibagi menjadi kaveling besar, kaveling sedang, dan kaveling kecil sebesar 1: 4: 5.

Tabel 5. 3 Rasio Korelasi Metode Proyeksi

Aritmatik					Geometrik					Least Square				
x	x ²	y	y ²	xy	x	x ²	y	y ²	xy	x	x ²	Y	y ²	xy
0	0	0	0	0	1	1	11,62	135,03	12	0	0	111.309	12.389.693.481	-
1	1	1.589	2.524.921	1.589	2	2	11,63	135,36	23	1	1	112,89	12.745.958.404	112.898
2	4	-534	285.156	-1.068	3	9	11,62	135,25	35	2	4	112.634	12.625.668.496	224.728
3	9	2.302	5.299.204	9.208	4	16	11,72	137,42	47	3	9	123.341	15.213.002.281	370.023
4	16	0	0	0	5	25	11,72	137,42	59	4	16	123.341	15.213.002.281	493.364
5	25	-286	81.796	-1.716	6	36	11,72	137,37	70	5	25	123.055	15.142.533.025	615.275
Jumlah														
15	55	3.071	8.191.077	8.013	21	91	70	818	246	15	55	706.308	83.329.857.968	1.816.288
Rasio Korelasi														
0,0312					0,8895					0,8886				

Sumber: Perhitungan, 2017

Tabel 5. 4 Pertumbuhan Penduduk Kecamatan Krian

No	Tahun	Jumlah Penduduk (jiwa)	Pertumbuhan Penduduk	
			Jumlah	%
1	2010	111.309	-	-
2	2011	112.898	1.589	1,43
3	2012	112.364	-534	-0,47
4	2013	121.039	8.675	7,72
5	2014	123.341	2.302	1,9
6	2015	123.341	0	0
7	2016	123.055	-286	-0,23
Total		827.347	11.746	10,34
Rata – rata			1.958	1,72
Standar Deviasi			3,09	
Batas Atas			4,81	
Batas Bawah			-1,36	

Sumber: Perhitungan, 2017

Tabel 5. 5 Hasil Proyeksi Penduduk Kecamatan Krian

Kecamatan	Tahun					
	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Tropodo	5.428	5.522	5.617	5.714	5.812	5.912
Sadengan Mijen	4.694	4.774	4.857	4.941	5.026	5.112
Katerungan	5.360	5.452	5.546	5.642	5.739	5.838
Jerukgamping	4.096	4.167	4.239	4.312	4.386	4.462
Gamping	4.154	4.226	4.299	4.373	4.448	4.525
Terik	3.235	3.291	3.347	3.405	3.464	3.523
Junwangi	4.487	4.564	4.643	4.723	4.805	4.887
Terungkulon	5.105	5.193	5.282	5.373	5.466	5.560
Terungwetan	2.379	2.420	2.462	2.505	2.548	2.592
Jatikalang	4.655	4.735	4.817	4.900	4.984	5.070
Keboharan	5.043	5.130	5.219	5.309	5.400	5.494
Ponokawan	4.905	4.990	5.076	5.163	5.252	5.343
Kel. Kemasan	4.860	4.944	5.029	5.116	5.204	5.294
Sidomojo	3.734	3.799	3.864	3.931	3.999	4.068

Kecamatan	Tahun					
	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Kel. Tambak Kemerakan	7.019	7.140	7.263	7.388	7.516	7.645
Kel. Krian	10.892	11.079	11.270	11.465	11.662	11.863
Kraton	7.838	7.973	8.110	8.250	8.393	8.537
Sidomulyo	5.652	5.749	5.848	5.949	6.052	6.156
Tempel	6.794	6.911	7.030	7.152	7.275	7.400
Watugolong	5.617	5.714	5.813	5.913	6.015	6.118
Barengkrajan	8.488	8.634	8.783	8.935	9.089	9.245
Sidorejo	8.690	8.840	8.993	9.148	9.305	9.466
Jumlah	123.126	125.249	127.408	129.605	131.840	134.113

Sumber: Hasil Perhitungan, 2017

Dengan pertimbangan tersebut dapat dihitung daya tampung rumah maksimal Kecamatan Krian melalui perhitungan berikut.

Kebutuhan lahan kaveling besar

$$\begin{aligned}\text{Kebutuhan lahan} &= 1/10 \times 8.562.840 \text{ m}^2 \\ &= 856.284 \text{ m}^2\end{aligned}$$

Kebutuhan lahan kaveling sedang

$$\begin{aligned}\text{Kebutuhan lahan} &= 4/10 \times 8.562.840 \text{ m}^2 \\ &= 3.425.136 \text{ m}^2\end{aligned}$$

Kebutuhan lahan kaveling kecil

$$\begin{aligned}\text{Kebutuhan lahan} &= 5/10 \times 8.562.840 \text{ m}^2 \\ &= 4.281.420 \text{ m}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Jumlah rumah} &= \sum (\text{Kebutuhan lahan kaveling} / \text{ukuran kaveling}) \\ &= (856.284 / 800) + (3.425.136 / 600) + (4.281.420 / 200) \\ &= 1.070 + 5.708 + 21.407 \\ &= 28.185\end{aligned}$$

Diasumsikan seluruh keluarga memiliki rumah. Rata - rata anggota keluarga per bangunan rumah di Kecamatan Krian adalah 4,7 ~ 5 orang per rumah . Sehingga jumlah penduduk yang dapat di tampung Kecamatan Krian sesuai dengan ketersediaan lahan dapat dihitung.

$$\begin{aligned}\text{Jumlah penduduk maksimal} &= 28.185 \times 5 \\ &= 140.925 \text{ jiwa.}\end{aligned}$$

Proyeksi penduduk menunjukkan jumlah penduduk pada tahun 2022 sebesar 134.113 jiwa lebih kecil dari daya tampung penduduk maksimal Kecamatan Krian yakni 140.925 jiwa. Dengan begitu, pada periode tersebut dapat diasumsikan perpindahan atau penambahan penduduk tetap berada di wilayah perencanaan Krian.

5.1.2 Proyeksi Fasilitas Umum

Proyeksi dilakukan untuk memprediksi buangan air dari fasilitas umum penunjang kebutuhan penduduk. Proyeksi dilakukan dengan persamaan 2.5. Berikut merupakan perhitungan fasilitas peribadatan di Desa Kraton.

$$\begin{aligned}\frac{\sum P_n}{\sum P_o} &= \frac{\sum F_n}{\sum F_o} \\ \sum F_n &= \frac{\sum P_n}{\sum P_o} \times \sum F_o \\ &= 8.537 / 7.705 \times 30 \\ &= 33 \text{ unit}\end{aligned}$$

Pada Tabel 5.6 berikut terdapat rekap perhitungan proyeksi fasilitas umum pada masing-masing desa/kelurahan di Kecamatan Krian.

Tabel 5. 6 Hasil Proyeksi Fasilitas Umum

Desa / Kelurahan	Jumlah Fasilitas Umum			
	Peribadatan	Jumlah Murid dan Guru	Kesehatan	Industri Kerajinan
Tropodo	22	745		
Sadengan Mijen	20	772		14
Katerugan	22	5.301		7
Jerukgamping	6	4.306		
Gamping	19	587		
Terik	18	798	1	
Junwangi	20	481		
Terungkulon	26	691		
Terungwetan	11	595		
Jatikalang	13	797	1	3
Keboharan	24	1.786		

Desa / Kelurahan	Jumlah Fasilitas Umum			
	Peribadatan	Jumlah Murid dan Guru	Kesehatan	Industri Kerajinan
Ponokawan	15	1.197		9
Kel. Kemasan	19	3.998		4
Sidomojo	21	337		25
Kel. Tambak Kemerakan	16	542		3
Kel. Krian	28	4.284	1	86
Kraton	33	3.264		63
Sidomulyo	36	1.078		2
Tempel	22	655		2
Watugolong	16	1.217		3
Barengkrajan	23	1.607	1	4
Sidorejo	27	1.364		1

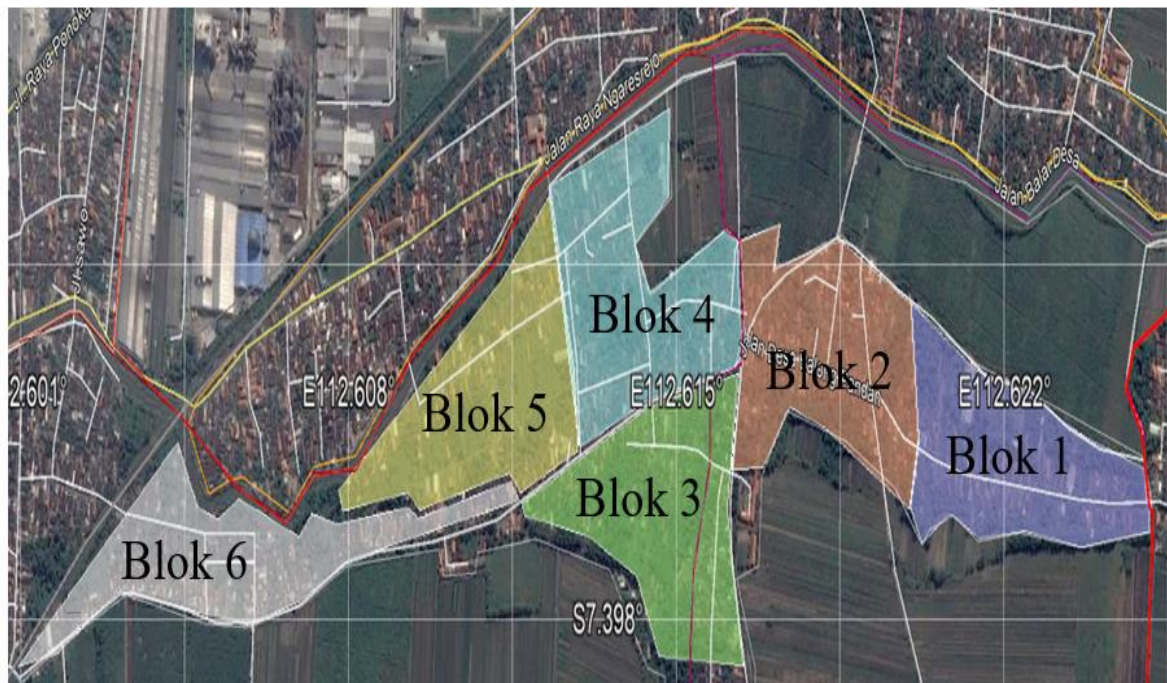
Sumber: Hasil Perhitungan, 2017

5.3 Blok Pelayanan

Wilayah perencanaan meliputi 6 Desa. Sesuai dengan uraian lokasi perencanaan pada Bab 3, perencanaan SPALD dan IPALD dibagi menjadi 4 wilayah. Wilayah pelayanan dibagi menjadi beberapa blok pelayanan untuk memudahkan perhitungan dimensi pipa air limbah. Dengan adanya blok pelayanan, ukuran pipa yang diperoleh lebih efisien. Pembagian blok pelayanan mengacu pada Rencana Tata Ruang dan Wilayah Kabupaten Sidoarjo untuk wilayah permukiman. Adapun wilayah bukan permukiman pada RTRW tidak termasuk blok pelayanan SPAL. Pembagian blok dapat dilihat pada Gambar 5.1 - 5.4.

5.3.1 Wilayah 1

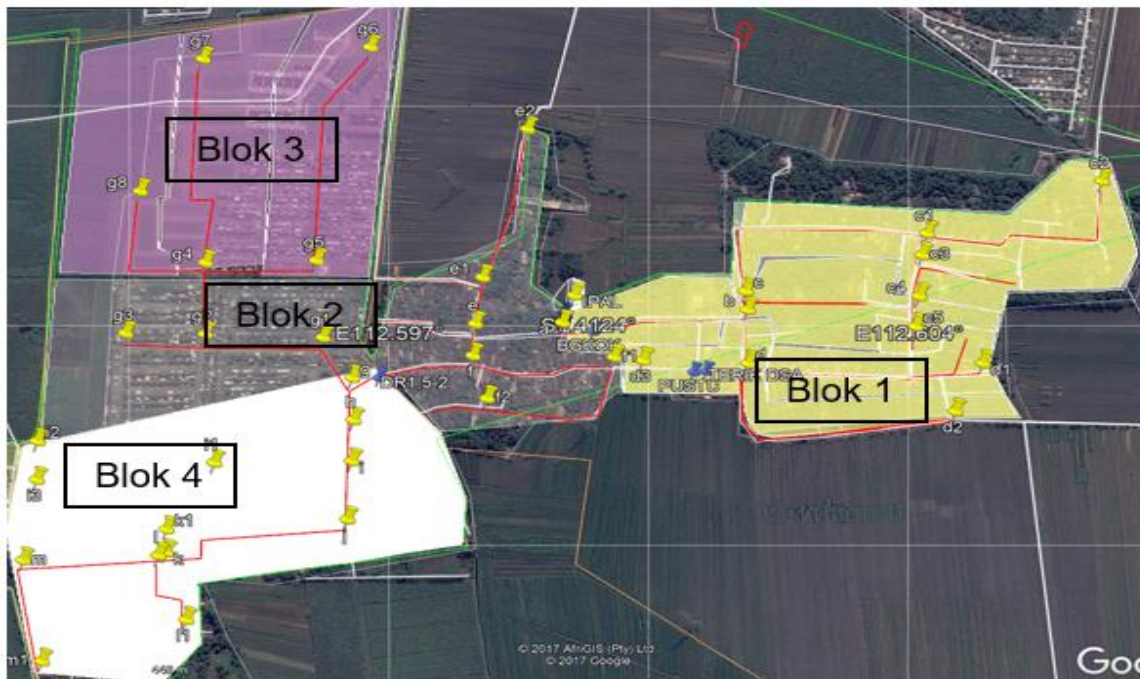
Wilayah 1 melayani Desa Terungwetan dan Terungkulon. Wilayah ini dibagi menjadi 6 blok pelayanan. Luas wilayah dan penduduk terlayani pada masing-masing blok dapat dilihat pada Tabel 5.8. Wilayah yang termasuk dalam blok pelayanan adalah RT 3 – RT 6 untuk Desa Terungwetan dan RW 2 dan RW 1 Desa Terungkulon. RW 3 tidak dapat dilayani karena terpisah dengan rel kereta api. Sementara itu, RT 1 dan RT 2 Desa Terungwetan tidak dilayani karena sering mengalami banjir.



Gambar 5. 1 Blok pelayanan wilayah 1
(Sumber: Hasil Analisis, 2017)



Gambar 5. 2 Blok pelayanan wilayah 2
(Sumber: Hasil Analisis, 2017)



Gambar 5. 3 Blok pelayanan wilayah 3
(Sumber: Hasil Analisis, 2017)



Gambar 5. 4 Blok pelayanan wilayah 4
(Sumber: Hasil Analisis, 2017)

Tabel 5. 7 Wilayah Perencanaan SPALD dan IPALD

Wilayah	Luas Wilayah (km²)	Jumlah Penduduk Tahun 2022 (jiwa)	Kepadatan Penduduk (jiwa / km²)
Jerukgamping	0,93	4.462	4.797,85
Gamping dan Terik	1,1	8.048	7.316,36
Kraton	0,88	8.537	9.701,14
Terungwetan, Terungkulon	3,14	8.152	2.596,18
Jumlah	6,05	29.199	4.826,28

Sumber: Hasil Perhitungan, 2017

Tabel 5. 8 Pembagian Blok Layanan Wilayah 1

Blok	Luas Ha)	Jumlah Penduduk Terlayani (jiwa)
1	8,77	733
2	9,40	785
3	9,31	1.025
4	9,97	1.201
5	9,39	1.131
6	8,56	1.302

Sumber: Hasil Perhitungan, 2017

5.3.2 Wilayah 2

Wilayah permukiman di Desa Jerukgamping secara umum dapat dipecah menjadi wilayah perumahan dan perkampungan. Kedua wilayah ini dipisahkan oleh area sawah dengan jalan memutar. Pelayanan di Desa Jerukgamping hanya dilakukan di area perkampungan dengan pertimbangan belum ada jalan tembus antara kedua wilayah permukiman ini. Sementara itu, kepadatan penduduk di wilayah perkampungan lebih tinggi. Sistem yang dipaksakan melayani 2 wilayah ini tidak efektif kecuali sudah terdapat jalan tembus melalui area persawahan di antara 2 wilayah ini. Luas wilayah dan penduduk terlayani masing-masing blok dapat dilihat pada Tabel 5.9.

5.3.3 Wilayah 3

Pelayanan pada wilayah 4 mencakup Desa Gamping dan Desa Terik. Pelayanan tidak dilakukan pada RT 11 dan 12 Desa

Gamping. Hal ini dikarenakan jalur menuju RT 12 dipotong oleh sungai selebar 5 m. Selain itu, kedua wilayah ini sering mengalami banjir akibat luapan sungai tersebut. Wilayah lain Desa Gamping dan Desa Terik yang tidak terdampak banjir dibagi menjadi 4 blok. Luas wilayah dan jumlah penduduk terlayani pada masing-masing blok dapat dilihat pada Tabel 5.10.

Tabel 5. 9 Pembagian Blok Pelayanan Wilayah 2

Blok	Luas (Ha)	Jumlah Penduduk Terlayani (jiwa)
1	10,60	1.358
2	10,04	1.386
3	9,66	1.238

Sumber: Hasil Perhitungan, 2017

Tabel 5. 10 Pembagian Blok Pelayanan Wilayah 3

Blok	Luas (Ha)	Jumlah Penduduk Terlayani (jiwa)
1	24,3	2.176
2	20,5	1.557
3	22,2	1.496
4	24,8	1.671

Sumber: Hasil Perhitungan, 2017

5.3.4 Wilayah 4

Wilayah pelayanan Desa Kraton dibagi menjadi 5 blok pelayanan. Wilayah RT 19 dan RT 20 di RW 4 tidak termasuk area pelayanan karena lokasi ini dipisahkan oleh sungai dengan bentang mencapai 25 m. Luas wilayah dan jumlah penduduk terlayani pada masing-masing blok dapat dilihat pada Tabel 5.11.

Tabel 5. 11 Pembagian Blok Pelayanan Wilayah 4

Blok	Luas (Ha)	Jumlah Penduduk Terlayani (jiwa)
1	12,9	999
2	14,2	1.267
3	13,7	1.222
4	14,3	1.275
5	13,6	1.213

Sumber: Hasil Perhitungan, 2017

5.4 Perhitungan Debit Air Limbah

5.4.1 Kebutuhan Air Bersih

Debit air limbah diperoleh berdasarkan standar kebutuhan air domestik yang tertera pada sub bab 2.3. Kebutuhan air bersih yang digunakan adalah 120 liter / orang hari. Berikut merupakan perhitungan kebutuhan air bersih untuk Desa Terungwetan.

Jumlah Penduduk	=	2.592 orang
Unit Konsumsi	=	120 liter/ orang hari
Pelayanan SPAL	=	67 %
Kebutuhan air bersih domestik	=	Jumlah penduduk x unit konsumsi x pelayanan SPAL $= 2.592 \times 120 \times 67\% / 86.400 \text{ detik/hari}$ $= 2,41 \text{ liter/detik}$
Jumlah murid dan guru	=	492
Unit Konsumsi	=	40 liter / orang hari
Kebutuhan air fasilitas pendidikan	=	Jumlah murid dan guru x unit konsumsi $= 492 \times 40 \text{ liter / orang hari} / 86.400 \text{ detik/hari}$ $= 0,23 \text{ liter/detik}$
Jumlah Fasilitas Peribadatan	=	11 unit
Unit konsumsi	=	2.000 liter/unit hari
Kebutuhan air fasilitas peribadatan	=	Jumlah fasilitas peribadatan x unit konsumsi $= 11 \text{ unit} \times 2.000 \text{ liter/unit hari} / 86.400 \text{ detik/hari}$ $0,25 \text{ liter/detik}$
Total kebutuhan air bersih	=	Kebutuhan air bersih domestik + Kebutuhan air fasilitas pendidikan + Kebutuhan air fasilitas peribadatan $= 2,41 \text{ liter/detik} + 0,23 \text{ liter/detik} + 0,25 \text{ liter/detik}$ $= 2,89 \text{ liter/detik}$

$$\begin{aligned}
 Q \text{ min blok 1} &= f_{\min} \times Q \text{ rata-rata} \\
 &= 0,5 \times 0,00098 \\
 &= 0,00049
 \end{aligned}$$

Faktor puncak dan faktor infiltrasi masing-masing diperoleh dari Gambar 2.1 dan Gambar 2.2. Infiltrasi pada sambungan pipa (Tchobanoglus, 1981). Infiltrasi terutama terjadi pada pipa yang ditanam di bawah muka air tanah. Secara ideal infiltrasi tidak terjadi, namun pada praktiknya sambungan yang tidak terpasang dengan sempurna menimbulkan infiltrasi (UNHCS, 1986). Sementara itu, Nilai faktor minimal debit air limbah adalah 0,5 (Sperling dan Chernicharo, 2005). Hasil perhitungan debit air limbah untuk masing-masing blok pelayanan dapat dilihat pada Tabel 5.13.

Tabel 5. 13 Debit air limbah per Blok Pelayanan

Wilayah	Blok	Luas	Q rata - rata	Q infiltrasi	Total Q peak	Q min
		Ha	m ³ /detik	m ³ /ha.detik	m ³ /detik	m ³ /detik
1	1	8,77	0,00098	0,00142	0,00468	0,00049
	2	9,40	0,00105	0,00152	0,00501	0,00052
	3	9,31	0,00132	0,00151	0,00593	0,00066
	4	9,97	0,00154	0,00162	0,00675	0,00077
	5	9,39	0,00145	0,00152	0,00635	0,00072
	6	8,56	0,00132	0,00139	0,00580	0,00066
Total Wilayah 1		55,40	0,00765	0,11616	0,03452	0,00382
2	1	10,60	0,00151	0,00172	0,00676	0,00076
	2	10,04	0,00143	0,00163	0,00641	0,00072
	3	9,66	0,00138	0,00157	0,00618	0,00069
Total Wilayah 2		30,3	0,00432	0,00492	0,01935	0,00216
3	1	24,3	0,00284	0,00394	0,01343	0,00142
	2	20,5	0,00203	0,00332	0,01011	0,00102
	3	22,2	0,00187	0,00360	0,00985	0,00094
	4	24,8	0,00209	0,00402	0,01101	0,00105
Total Wilayah 3		91,8	0,00884	0,01488	0,04440	0,00443
4	1	12,9	0,00159	0,00209	0,00739	0,00079
	2	14,2	0,00175	0,00230	0,00989	0,00087
	3	13,7	0,00169	0,00222	0,01123	0,00084
	4	14,3	0,00176	0,00232	0,01348	0,00088
	5	13,6	0,00167	0,00220	0,01449	0,00084
Total Wilayah 4		68,7	0,00846	0,01333	0,05648	0,00423

Sumber: Hasil Perhitungan, 2017

5.4.3 Pembebanan Saluran Air Limbah

Saluran air limbah menerima beban yang berbeda – beda sesuai dengan rencana *layout* pipa SPAL. Tata letak pipa SPAL disusun sedemikian rupa sesuai dengan kondisi lahan. Berikut merupakan contoh perhitungan pembebanan saluran SPAL:

Wilayah Terungwetan-Terungkulon, Pipa h1-h:

Pipa h1-h berada di wilayah blok 2 dan 1:

Luas pelayanan = 2 Ha

Q peak total = 0,00501 m³/detik dan 0,00468

blok

Q peak = Luas pelayanan / Luas Blok x Q peak total blok

$$= 2 / 9,4 \times 0,00501 + 0,00468$$

$$= 0,0057 \text{ m}^3/\text{detik}$$

Qmin = Luas pelayanan / Luas Blok x Q min blok

$$= 2 / 9,4 \times 0,00052 + 0,00049$$

$$= 0,0006 \text{ m}^3/\text{detik}$$

Hasil pembebanan debit air limbah dan dimensi masing-masing pipa dapat dilihat pada lampiran B.

5.4.4 Perhitungan Dimensi Pipa Air Limbah

Dimensi pipa air limbah ditentukan berdasarkan pembebanan air limbah pada masing-masing pipa. Penelitian ini menggunakan pipa PVC. Ketentuan – ketentuan yang harus dipenuhi adalah kecepatan minimal sebesar 0,5 m/detik untuk sistem pipa riol *shallow sewer*. Data-data terkait kondisi medan diperoleh berdasarkan survei yang digambarkan pada gambar di lampiran A serta diuraikan pada sub bab 3.4. Berikut merupakan contoh perhitungan dimensi pipa air limbah.

Dimensi Pipa h1-h:

L = 348 m

Q peak = 0,0057 m³/detik

h₀ = 12,7 m

h₁ = 14,5 m

S medan = $\Delta h / L$

$$= (12,7 - 14,5) / 348$$

$$= -0,00517$$

Berdasarkan nilai slope medan, tidak mungkin slope pipa mengikuti nilai tersebut. Nilai slope pipa ditentukan dengan *trial*

error sehingga diperoleh nilai kecepatan minimal sebesar 0,5 m/detik dan tinggi renang sebesar 0,2 Diameter pipa. Ditentukan nilai slope pipa sebagai berikut. Apabila v_{min} dan d_{min} tidak memenuhi meskipun slope sudah besar, maka nilai slope dihitung mengikuti persamaan 2.11.

$$\text{Slope pipa} = 0,0083$$

$$n = 0,01$$

Nilai n adalah koefisien kekasaran pipa. Nilai tersebut mengacu pada Peraturan Menteri PUPR No 4 Tahun 2017 tentang penyelenggaraan sistem penyaluran air limbah domestik.

Perhitungan pipa menggunakan nilai debit puncak (Q_{peak}) dimaksudkan agar pipa dapat menyalurkan air limbah pada jam puncak pemakaian air dan tidak mengalami kelebihan beban. Berdasarkan Gambar 2.3 yakni kurva hidrolis pipa bundar, Q_{peak} terjadi pada saat nilai d/D sebesar 0,8. Pada kondisi itu pula terjadi kecepatan aliran maksimum (V_{maks}). Dengan Q_{peak} sebagai acuan, maka perhitungan dimensi pipa menggunakan d/D 0,8.

$$d/D = 0,8$$

$$Q_{min} = 0,0006 \text{ m}^3/\text{detik}$$

Nilai d/D sebesar 0,8 tersebut kemudian di plot pada Gambar 2.3. Hasil plot pada kurva hidrolis dapat dilihat pada Gambar 5.5. Dari plot pada kurva tersebut, diperoleh nilai V_{peak}/V_{full} sebesar 1,12 dan Q_{peak}/Q_{full} sebesar 0,97.

$$V_{peak}/V_{full} = 1,12$$

$$Q_{peak}/Q_{full} = 0,97$$

$$Q_{full} = Q_{peak} / (Q_{peak}/Q_{full})$$

$$= 0,0057 / (0,97)$$

$$= 0,00592 \text{ m}^3/\text{detik}$$

$$D = [Q_{full} \times n / (0,3117 \times S_{\text{pipa}}^{1/2})]^{3/8}$$

$$= [0,00592 \times 0,01 / (0,3117 \times (0,0083)^{0,5})]^{3/8}$$

$$= 0,099 \text{ m}$$

$$D \text{ cek} = 0,1 \text{ m}$$

$$Q_{full} \text{ cek} = 0,3117 / n D^{8/3} S^{1/2}$$

$$= 0,3117 / 0,01 \times (0,1)^{8/3} \times (0,0083)^{1/2}$$

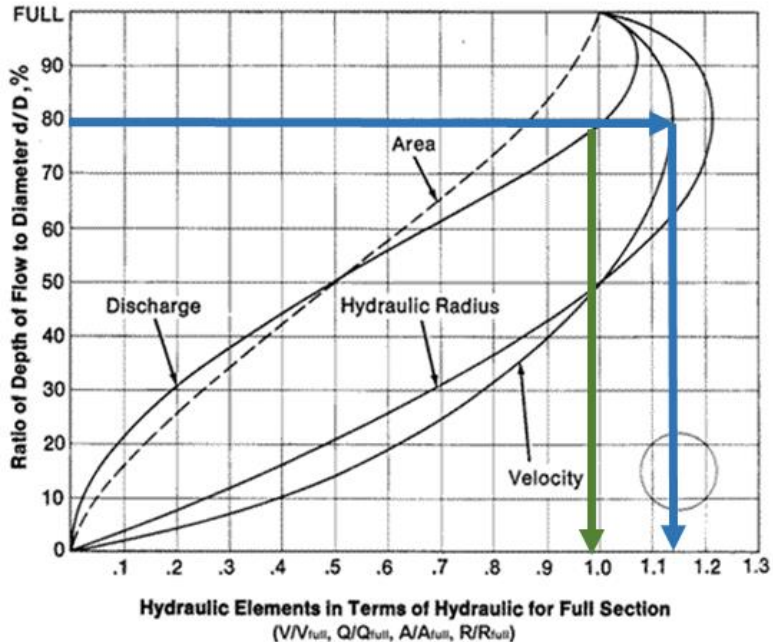
$$= 0,0061 \text{ m}^3/\text{detik}$$

$$Q_{min} = 0,0006 \text{ m}^3/\text{detik}$$

$$Q_{min} / Q_{full} \text{ cek} = 0,0006 / 0,0061$$

$$= 0,098$$

Setelah diketahui nilai Q_{min}/Q_{full} cek, dilakukan plot pada kurva hidrolis pipa bundar. Hasil plot tersebut dapat dilihat pada Gambar 5.6. Dari plot Q_{min}/Q_{full} cek, dapat diketahui bahwa nilai d/D cek sebesar 0,209, sementara itu, nilai v_{min}/V_{full} sebesar 0,64.



Gambar 5. 5 Plot d/D pada kurva hidrolis pipa bundar
(Sumber: Hasil Perhitungan, 2017)

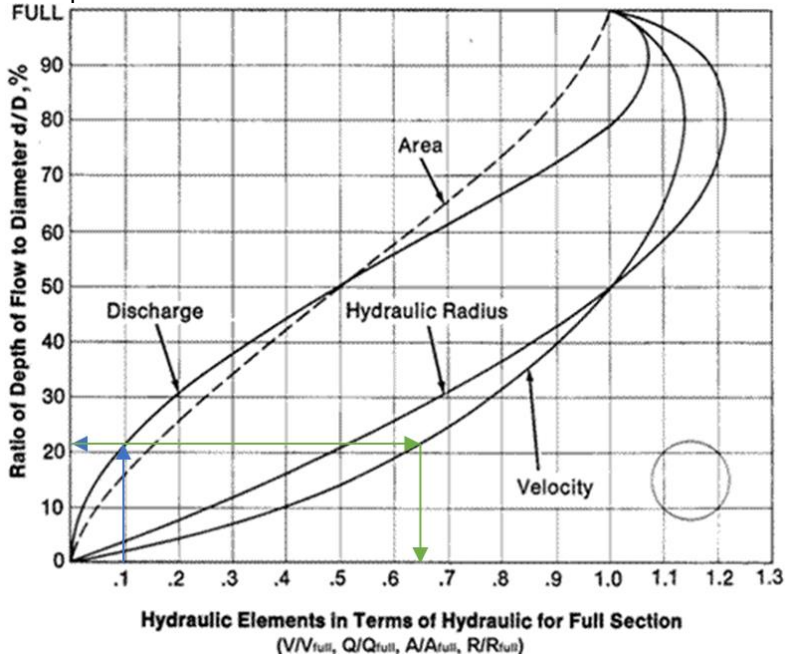
$$\begin{aligned}
 d/D \text{ cek} &= 0,209 \\
 V_{min} / V_{full} &= 0,64 \\
 V_{min} \text{ cek} &= (V_{min} / V_{full}) \times (Q_{full} / A_{full}) \\
 &= 0,64 \times [0,0061 / (0,25 \times 3,14 \times 0,1^2)] \\
 &= 0,499 \sim 0,5 \text{ m/detik} \\
 \text{Tinggi renang} &= d/D \text{ cek} \times \text{Diameter pipa} \\
 &= 0,209 \times 100 \text{ mm} \\
 &= 20,9 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Berdasar perhitungan, diperoleh nilai v_{min} 0,5 m/detik dan tinggi renang $> 0,2$ Diameter pipa sehingga memenuhi

kriteria desain *self-cleansing shallow sewer*.

$$\begin{aligned}
 V_{\text{peak}}/V_{\text{full}} &= 1,12 \\
 V_{\text{peak}} &= (V_{\text{peak}}/V_{\text{full}}) \times (Q_{\text{full}}/A_{\text{full}}) \\
 &= 1,12 \times [(0,0061 / (0,25 \times 3,14 \times 0,1^2))] \\
 &= 0,9 \text{ m/detik} \\
 &= V_{\text{peak}} < 2,3 \text{ m/detik, memenuhi kriteria desain.}
 \end{aligned}$$

Hasil perhitungan diameter pipa dapat dilihat pada Lampiran B.



Gambar 5. 6 Plot $Q_{\text{min}}/Q_{\text{full}}$ cek pada kurva hidrolis pipa bundar
(Sumber: Hasil Perhitungan, 2017)

5.4.5 Penanaman Pipa

Peletakan pipa dibuat sedemikian rupa hingga mendekati slope medan. Namun, pada beberapa kondisi di mana pipa mengalir dari slope rendah ke wilayah yang lebih tinggi, slope pipa dibuat lebih kecil dari slope medan untuk meminimalisir kedalaman penanaman.

Penanaman pipa mengikuti kriteria desain *shallow sewer* yakni kedalaman galian pipa awal = 0,4 m. Skenario tersebut dilakukan untuk menghindari penggunaan pompa dalam sistem SPALD. Kondisi lain terkait penanaman pipa mengikuti standar galian pipa berdasar SNI SNI 7511:2011 tentang tata cara pemasangan pipa transmisi dan pipa distribusi serta bangunan pelintas pipa dengan ketentuan pada Tabel 5.14.

Tabel 5. 14 Ukuran Galian Normal Pipa

Uraian	Diameter (mm)		
	80-100	150 – 200	250 – 300
Lebar Galian [w] (mm)	400	450	500
Tinggi Bedding pasir (m)	0,1		

Sumber: BSN, 2011

Untuk menghitung penanaman pipa diperlukan data elevasi medan yang dapat diuraikan pada sup bab 3.4 dan digambarkan pada lampiran A. Berikut merupakan contoh perhitungan penanaman pipa pada **wilayah 1, jalur pipa h1-h:**

Elevasi tanah awal (h1) = 12,7 m

Elevasi tanah akhir (h2) = 14,5 m

Δh = 1,8 m

Panjang pipa (L) = 348 m

Slope pipa (S) = 0,0083

Diameter pipa (D) = 0,1 m

Mengacu kepada kriteria desain *shallow sewer* yang dijelaskan pada Tabel 2.6 di mana kedalaman galian minimal pipa sebesar 0,4 m. Dengan kondisi jalan yang dilalui kendaraan, maka pipa dapat diberi *bedding* beton untuk menghindari kerusakan.

Kedalaman galian awal = 0,4 m

Headloss (hL) = $S \times L$

= $0,0083 \times 348$

= 2,888 m

Kedalaman Galian Pipa

Elevasi dasar pipa awal (d1) = H1 – kedalaman galian awal

= 12,7 – 0,4

= 12,3 m

Elevasi dasar pipa akhir (d2) = d1 – hL

= 12,3 – 2,888

= 9,412 m

$$\begin{aligned}
 \text{Kedalaman galian awal (y1)} &= h1 - (d1 - c) \\
 &= 12,7 - (12,3 - 0,1) \\
 &= 0,5 \text{ m} \\
 \text{Kedalaman galian akhir (y2)} &= h1 - (d2 - c) \\
 &= 14,5 - (9,412 - 0,1) \\
 &= 5,19 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Hasil perhitungan penanaman pipa dapat dilihat pada Lampiran B.

5.5.5 Bangunan Pelengkap

Bangunan pelengkap adalah bagian sistem jaringan air limbah untuk keperluan pengaliran, pengecekan, dan pemeliharaan. Bangunan pelengkap meliputi *manhole*, *drop manhole*, *siphon*, saluran penggelontor, bak penampung air limbah dipompa, dan rumah pompa. *Manhole* diletakkan pada jarak – jarak tertentu sesuai dengan jalur SPAL. Berikut merupakan daftar jarak antar *manhole* sesuai dengan diameter pipa yang terangkum dalam Tabel 5.15.

Tabel 5. 15 Ketentuan Jarak Manhole

Diameter (mm)	Jarak <i>Manhole</i> (m)
50 - 75	75 – 125
100 – 150	125 – 150
150 – 200	150 – 200
1.000	100 - 150

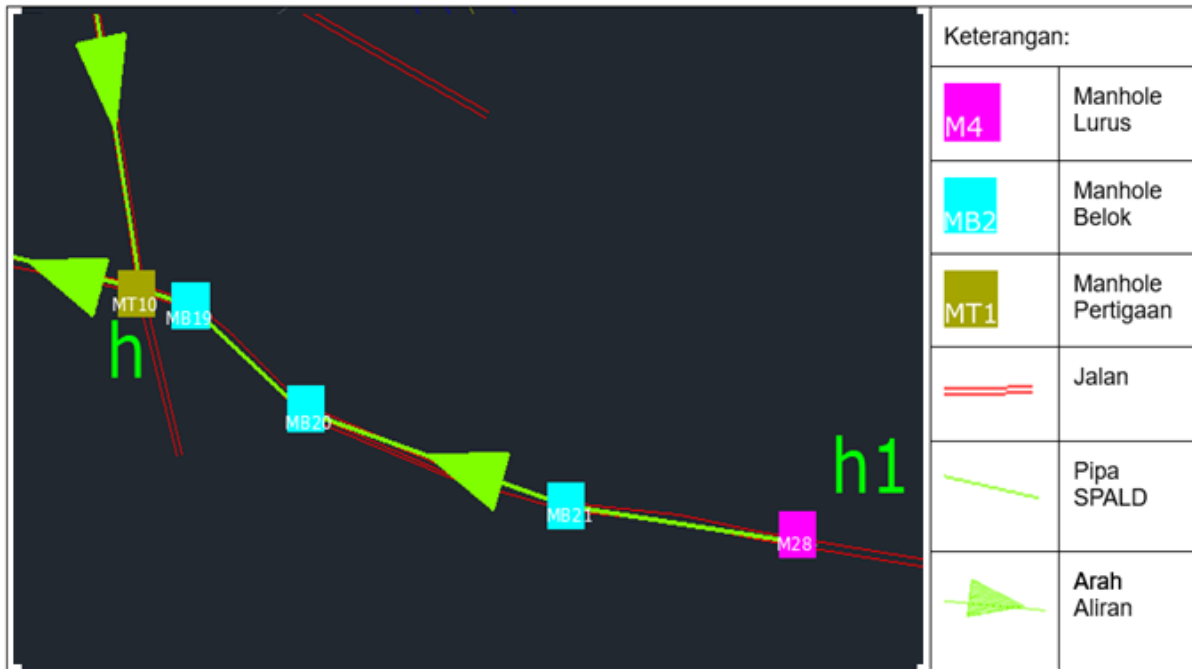
Sumber: Menteri PUPR, 2017

Sesuai dengan tabel di atas, dilakukan perhitungan jumlah *manhole* pada saluran h1-h. Berikut merupakan rincian perhitungan jumlah *manhole*.

$$\begin{aligned}
 \text{Panjang pipa (L)} &= 348 \text{ m} \\
 \text{Diameter pipa (D)} &= 100 \text{ mm} \\
 \text{Jarak antar } \textit{manhole} &= 125 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Adapun jumlah *manhole* dalam jalur pipa b1-b tidak dapat dihitung secara teoritis. Hal tersebut dikarenakan medan yang terdapat belokan dan jalur pipa yang melalui pertigaan. Sehingga unit *manhole* ditentukan sesuai jalur jalan seperti Gambar 5.8.

$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah } \textit{manhole} \text{ lurus} &= 1 \text{ unit} \\
 \text{Jumlah } \textit{manhole} \text{ belok} &= 3 \text{ unit} \\
 \text{Jumlah } \textit{manhole} \text{ pertigaan} &= 1 \text{ unit}
 \end{aligned}$$



Gambar 5. 7 Posisi Manhole pada Jalur h1-h
(Sumber: Hasil Analisis, 2017)

5.5 Karakteristik Air Limbah Domestik

Kualitas efluen air limbah pada unit perancangan didesain memenuhi nilai baku mutu pada Sub Bab 2.1.2. Pada perencanaan ini nilai kualitas air limbah domestik diperoleh dari beberapa penelitian terdahulu. Hal tersebut dilakukan untuk memperoleh nilai yang mewakili kualitas air limbah domestik pada umumnya. Dari hasil rerata karakteristik air limbah domestik, didapatkan konsentrasi BOD; COD; dan TSS masing-masing sebesar 162,1 mg/l; 298,9 mg/l; dan 216,5 mg/l. Kualitas air limbah domestik dapat dilihat pada Tabel 5.16.

Tabel 5. 16 Kualitas Air Limbah Domestik

No.	BOD	COD	TSS	Wilayah	Sumber
1	128	224	170	Malang	Maziya, 2016
2	110	192	140	Malang	Maziya, 2016
3	162	268	210	Sidoarjo	Nanga, 2017
4	269	526	237	Ngawi	Ulya, 2014
5	226	392	290	Malang	Maziya, 2016
6	110,7	252,4	106	Blitar	Adi, 2016
7	102,8	215,7	518,1	Surakarta	Destrivadiyani, 2010
8	306	488	214	Surabaya	Bhakti, 2016
9	101,5	263,7	120	Surabaya	Bhakti, 2016
10	105	167	160	Surabaya	Bhakti, 2016
Rata – rata		162,1	298,9	216,5	

5.6 Instalasi Pengolahan Air Limbah Domestik (IPALD)

Diagram pengolahan air limbah dapat dilihat pada Gambar berikut. Pengolahan diawali oleh sumur pengumpul. Sumur pengumpul digunakan untuk memompa air dari pipa primer SPALD sehingga konstruksi bangunan pengolahan selanjutnya berdekatan dengan elevasi tanah. Debit air limbah bervariasi sesuai penggunaan air dan infiltrasi air tanah.



Gambar 5. 8 Diagram Pengolahan Air Limbah
(Sumber: Hasil Analisis, 2017)

5.6.1 Sumur Pengumpul

Air limbah dari SPALD ditampung terlebih dahulu di sumur pengumpul. Hal ini dilakukan untuk menghindari galian

bangunan yang dalam karena kedalaman pipa akhir SPALD yang besar. Sumur pengumpul direncanakan berjumlah 1 unit dengan 1 unit pompa *submersible*.

A. Perhitungan Dimensi

Wilayah 1

$$\begin{aligned} Q_{\text{peak}} &= 0,03452 \text{ m}^3/\text{detik} \\ &= 0,03452 \times 60 \\ &= 2,0712 \text{ m}^3/\text{menit} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T_d &= 5,5 \text{ menit} \\ &= 330 \text{ detik} \end{aligned}$$

$$\text{Elevasi tanah} = 12,7 \text{ m}$$

$$\text{Elevasi pipa} = 6,21 \text{ m}$$

akhir

$$\begin{aligned} \text{Volume} &= Q_{\text{peak}} \times t_d \\ &= 0,03452 \times 330 \\ &= 11,39 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$H = 0,8 \text{ m}$$

Kedalaman disesuaikan dengan muka air tanah serta spesifikasi pompa *submersible*.

$$\text{Panjang} = \text{Lebar}$$

$$\text{Luas} = \text{Volume} / H$$

permukaan
(As)

$$= 11,39 / 0,8$$

$$= 14,24 \text{ m}^2$$

$$P = A_s^{1/2}$$

$$= 12,85^{1/2}$$

$$= 3,8 \text{ m}$$

$$\text{Cek } T_d = \text{Volume} / Q_{\text{peak}}$$

$$= P \times l \times h / Q_{\text{peak}}$$

$$= 3,8 \times 3,8 \times 0,8 / (0,03452 \times 60)$$

$$= 5,57 \text{ menit. } 5 < T_d < 10 \text{ sehingga memenuhi kriteria desain}$$

$$\text{Kecepatan} = 1 \text{ m/detik}$$

pipa (v)

$$Q = 0,03452 \text{ m}^3/\text{detik}$$

$$\text{Luas} = Q/v$$

permukaan (As)	=	0,03452 / 1
	=	0,03452 m ²
D	=	(4As/π) ^{1/2}
	=	(4x0,03452/3,14) ^{1/2}
	=	0,21 m → 0,2 m
V cek	=	Q / A
	=	0,03452 / (0,25 x 3,14 x 0,2 ²)
	=	1,1 m/detik
Jumlah pipa discharge	=	1
Head statis(hs)	=	7,79 m
L pipa discharge	=	14,9m
Kotak distribusi Td	=	60 detik, untuk meminimalisir terjadinya proses pengendapan td diharapkan < 3 menit.
H	=	0,5 m
As	=	Q x td / h
	=	0,03452 x 60 / 0,5
	=	4,1 m ²
P = l	=	As ^{0,5}
	=	2,3 ⁵
	=	2 m
Cek td	=	P x l x h / debit
	=	1,9 x 1,9 x 0,5 / 0,03452
	=	92,7 menit

B. Headloss

Head mayor	=	[Q/(0,2785 x C x D ²)] ^{1,85} x L
	=	[0,03452 / (0,2785 x 120 x 0,2 ²)] ^{1,85} x 14,9
	=	0,09 m
Head minor	=	N [k v ² /2g]
	=	1 (0,8 x 0,99 ² /2x9,81)
	=	0,05 m
Headloss kecepatan	=	V ² /2g

$$= 0,06 \text{ m}$$

Head total

= Hs + Head mayor + head minor + headloss
kecepatan

$$= 7,79+0,09+0,05+0,06$$

$$= 7,99 \text{ m}$$

Kebutuhan

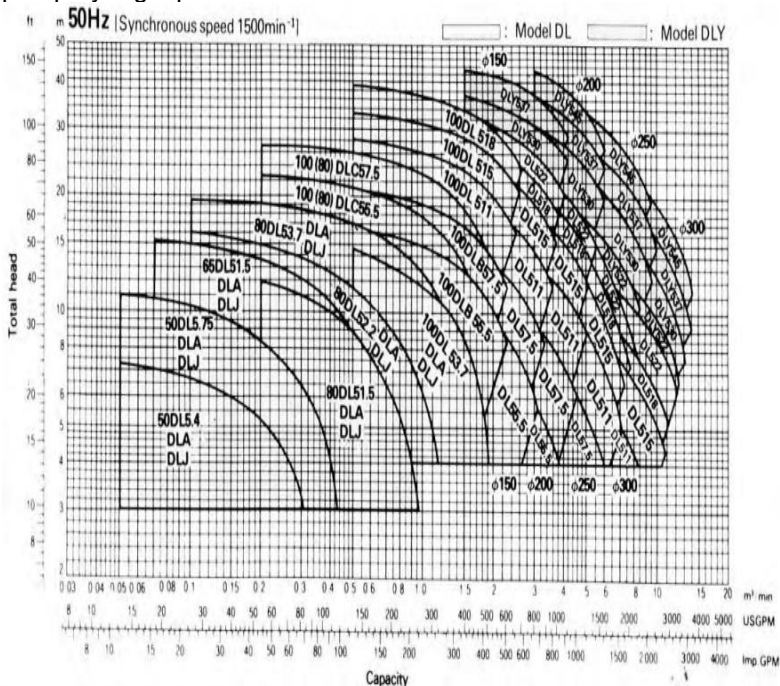
= Merk Ebara Tipe 100DLB 55,5

pompa

Diameter pipa = 10 mm

Konsumsi listrik = 5,5 kW

Spesifikasi pompa yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 5.9. Tabel 5.17 merupakan hasil perhitungan sumur pengumpul untuk masing-masing wilayah beserta spesifikasi pompa yang diperlukan.



Gambar 5. 9 Spesifikasi Pompa Merk Ebara
(Sumber: Anonim, 2017)

Tabel 5. 17 Hasil Perhitungan Sumur Pengumpul

Parameter	Wilayah 1	Wilayah 2	Wilayah 3	Wilayah 4
Sumur Pengumpul				
Td (menit)	5,5	5,3	5,5	4,2
H (m)	0,8	0,6	0,8	0,8
P = L (m)	3,8	3,2	4,3	4,7
Total head (m)	7,99	5,35	7,17	8,49
Q (m ³ /menit)	2,07	1,16	2,66	3,38
Diameter Pipa	110 mm	93 mm	150 mm	150 mm
Pompa	Ebara 100 DLB 55,5	Ebara 100 DL 53,7	Ebara 150 DL 55,5	Ebara 250 DL 57,5
Konsumsi listrik (kW)	5,5	3,7	5,5	7,5
Bak Distribusi				
P = L (m)	2	1,5	2,3	2,6
H (m)	0,5	0,5	0,5	0,5
Td cek (detik)	112,6	133,9	121,8	119,1

Sumber: Hasil Perhitungan, 2017

5.6.2 Pipa Inlet dan Outlet

Volume air limbah yang besar membuat dimensi unit – unit ABR besar. Oleh karena itu, dalam perencanaan ini unit pengolahan dibagi menjadi beberapa unit bagian yang tipikal. Untuk membagi debit ke masing-masing unit pengolahan digunakan saluran inlet. Berikut merupakan contoh perhitungan saluran inlet.

$$\begin{aligned}
 \text{Koefisien kekasaran (C)} &= 120 \\
 \text{Kecepatan asumsi (v)} &= 1 \text{ m/detik} \\
 \text{Luas permukaan (As)} &= Q / v \\
 &= (0,03452/3) / 1 \\
 &= 0,011507 \text{ m}^2 \\
 \text{Diameter (d)} &= (4A/\pi)^{1/2} \\
 &= (4 \times 0,011507 / 3,14)^{1/2} \\
 &= 0,12 \text{ m} \\
 \text{Asumsi panjang pipa} &= 6,55 \text{ m} \\
 \text{D cek} &= 0,15 \text{ m} \\
 \text{V cek} &= Q / (1/4 \times \pi \times D^2) \\
 &= 0,0155 / (1/4 \times 3,14 \times 0,15^2) \\
 &= 0,65 \text{ m/detik} \\
 \text{Head mayor} &= [Q/(0,2785 \times C \times D^2)]^{1,85} \times L \\
 &= [0,0155 / (0,2785 \times 120 \times 0,15^2)]^{1,85}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \times 6,55 \\ & = 0,003 \text{ m} \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan di atas, pipa yang digunakan adalah PVC ukuran 150 mm dengan headloss sebesar 0,005 m. Tabel 5.18 merupakan hasil perhitungan headloss pipa inlet dan outlet.

Tabel 5. 18 Hasil Perhitungan Diameter Pipa Inlet dan Outlet

Parameter	Wilayah 1	Wilayah 2	Wilayah 3	Wilayah 4
Diameter (d)	0,15	0,15	0,15	0,15
V cek	0,58	0,54	0,83	1,06
Hf	0,003	0,002	0,005	0,007

Sumber: Hasil Perhitungan, 2017

5.6.3 Anaerobic Baffled Reactor (ABR)

Berikut merupakan tahapan perhitungan *Anaerobic Baffled Reactor* (ABR) di wilayah 1.

A. Karakteristik Air Limbah

Berdasarkan Tabel 5.13 diperoleh debit rata – rata air limbah wilayah 1 sebesar 0,03452 m³/detik.

Q rata – rata	=	0,00765 m ³ /detik
	=	0,00765 x 86.400
Q rata-rata	=	660,96 m ³ /hari
Faktor hari maksimal	=	1,2
Qhari maksimal	=	793,15 m ³ /hari
Jumlah unit	=	3 unit
Q per unit	=	793,15/3
	=	264,38 m ³ /hari
	=	11,02 m ³ /jam
BODi	=	162,1 mg/l
CODi	=	294,58 mg/l
TSSi	=	216,51 mg/l

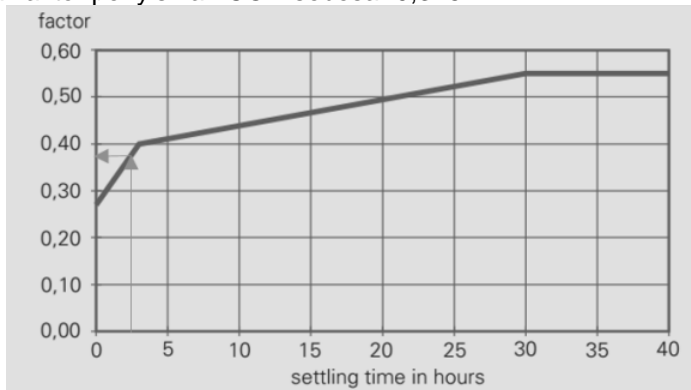
Rencana

Vup	=	1,5 m/jam
HRT settler	=	2,5 jam
HRT ABR	=	10 jam
Kedalaman air (h)	=	3 m
Panjang (p) downflow kompartemen	=	0,25 m
Pengurasan	=	24 bulan

Rasio SS/COD terendapkan = 0,42

A. Perhitungan Bak Pengendap

Pada bak pengendap, laju pengendapan ditentukan oleh nilai lama pengurasan. Faktor penyisihan COD dipengaruhi oleh HRT bak pengendap. HRT bak pengendap dapat diketahui melalui Gambar 5.10. Dari plot pada gambar tersebut diperoleh nilai faktor penyisihan COD sebesar 0,375.



Gambar 5. 10 Grafik Nilai HRT terhadap Faktor Pengendapan
(Sumber: Sasse dkk, 2009)

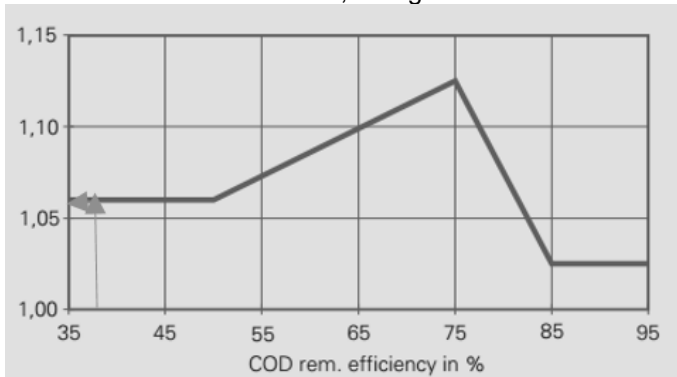
$$\begin{aligned}\% \text{ penyisihan COD} &= \text{Rasio SS/COD terendapkan} / 0,6 \times \text{faktor penyisihan COD} \times 100\% \\ &= 0,42 / 0,6 \times 0,375 \times 100\% \\ &= 26,25 \%\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{CDe bak pengendap} &= \text{CODi} \times (1 - \% \text{penyisihan COD}) \\ &= 294,58 \times (1 - 26,25\%) \\ &= 220,42 \text{ mg/l}\end{aligned}$$

Adapun untuk mengetahui penyisihan BOD di bak pengendap dapat dilakukan plot pada Gambar 5.11 yang menghasilkan nilai faktor penyisihan COD/BOD sebesar 1,06.

$$\begin{aligned}\text{Faktor Penyisihan COD/BOD} &= 1,06 \\ \% \text{ penyisihan BOD} &= \% \text{ penyisihan COD} \times \text{Faktor penyisihan COD/BOD} \\ &= 26,25 \times 1,06\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 27,83\% \\
 \text{BODe bak pengendap} &= \text{BODi} \times (1 - \%\text{penyisihan BOD}) \\
 &= 162,1 \times (1 - 27,83\%) \\
 &= 116,99 \text{ mg/l}
 \end{aligned}$$



Gambar 5. 11Faktor Penyisihan COD/BOD

(Sumber: Sasse dkk, 2009)

Sementara itu, Penyisihan TSS dihitung menggunakan perbandingan rasio *Settleable Suspended Solid/COD* air limbah yang bernilai 0,42.

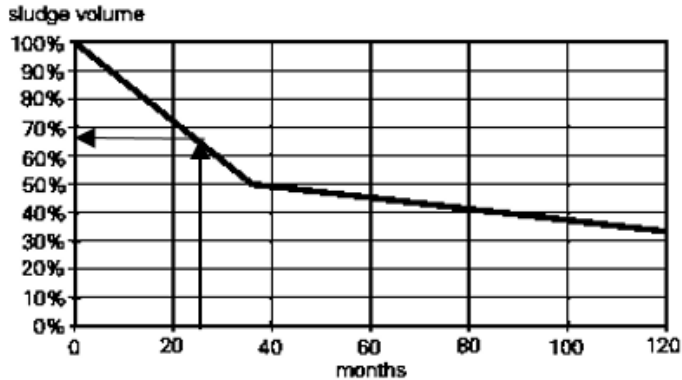
$$\begin{aligned}
 \text{TSSe bak pengendap} &= \text{SS/COD} \times \text{COD e} \\
 &= 0,42 \times 220,42 \\
 &= 92,58 \text{ mg/l} \\
 \% \text{ penyisihan TSS} &= 1 - \text{TSSe/TSSi} \times 100\% \\
 &= 1 - 92,58 / 216,51 \times 100\% \\
 &= 57,24\%
 \end{aligned}$$

Perhitungan volume lumpur dalam bak pengendap ini menggunakan grafik pada Gambar 5.12 untuk mengetahui laju pengendapan lumpur. Berdasarkan Gambar tersebut faktor pengendapan diperoleh sebesar 66%.

$$\begin{aligned}
 \text{Volume Lumpur} &= \text{Laju Pengendapan} \times (\text{BODi} - \text{BODe bak pengendap}) \times Q \times \text{Lama Pengurasan} \\
 \text{Bak Pengendap} &= 0,0033 \text{ l/g lumpur} \times [(162,1 - 116,99) \text{ mg/l} / 1000 \text{ kg/m}^3] \times 264,38 \text{ m}^3/\text{hari} \times 30 \text{ hari / bulan} \times 24 \text{ bulan} \\
 &= 28,34 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

$$\text{Volume Bak Pengendap} = Q \times \text{HRT} + \text{Volume Lumpur}$$

$$\begin{aligned}
 &= 11,01 \times 2,5 + 28,34 \\
 &= 55,88 \text{ m}^3 \\
 \text{Cek Volume Bak Pengendap} &= 2 Q \text{ HRT} \\
 &= 2 \times 11,02 \text{ m}^3/\text{jam} \times 2,5 \text{ jam} \\
 &= 55,08 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$



Gambar 5. 12 Grafik Volume Lumpur per Waktu Pengurasan
(Sumber: Sasse dkk, 2009)

Perhitungan menunjukkan volume bak pengendap > cek volume ($55,88 > 55,08$). Oleh karena itu, volume hasil perhitungan digunakan sebagai perhitungan dimensi bak pengendap.

$$\begin{aligned}
 \text{Lebar bak} &= 4 \text{ m (ditentukan)} \\
 \text{pengendap (l)} \\
 \text{Panjang BP (p)} &= \text{Volume BP} / h / l \\
 &= 55,86 / 3 / 4 \\
 &= 4,7 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Asumsi Perhitungan Lumpur

$$\begin{aligned}
 \text{Volume lumpur} &= 28,23 \\
 \text{Tinggi lumpur BP} &= \text{Volume lumpur BP} / (\text{panjang BP} \times \text{lebar BP}) \\
 &= 28,23 / (4,7 \times 4) \\
 &= 1,51 \text{ m}
 \end{aligned}$$

B. Perhitungan ABR

$$\begin{aligned}
 \text{panjang (p)} &= 0,5 \text{ h} \\
 \text{kompartmenten}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 0,5 \times 3 \\
 &= 1,5 \text{ m} \\
 \text{Jumlah (n)} &= 6 \text{ unit} \\
 \text{kompartemen} & \\
 \text{lebar (l)} &= 1 \text{ BP} \\
 \text{kompartemen} & \\
 &= 4 \text{ m} \\
 \text{Cek Vup} &= Q / p \text{ upflow kompartemen} / l \\
 &= 11,02 / 1,5 / 4 \\
 &= 1,84 \text{ m/jam}
 \end{aligned}$$

Vup perhitungan memenuhi kriteria desain ($1,84 < 2$).

$$\begin{aligned}
 \text{Volume ABR} &= (p \text{ kompartemen} + p \text{ shaft}) \times l \\
 &= (1,5 + 0,25) \times 3 \times 6 \\
 &= 126 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Cek OLR} &= \text{CODe bak pengendap} \times Q / \text{Volume ABR} / 1000 \\
 &= 220,42 \text{ (g/m}^3\text{)} \times 264,38 \text{ (m}^3\text{/hari)} / 126 \text{ (m}^3\text{)} / 1.000 \text{ (g/kg)} \\
 &= 0,46 \text{ kgCOD/m}^3\text{hari OLR} < 3 \text{ kgCOD/m}^3\text{hari (memenuhi)}
 \end{aligned}$$

OLR hasil perhitungan memenuhi kriteria desain ($0,46 < 3$) kgCOD/m³ hari. Untuk melakukan perhitungan efisiensi penyisihan ABR. Cek OLR dilakukan sekali lagi dengan variabel BOD untuk diplot pada gambar.

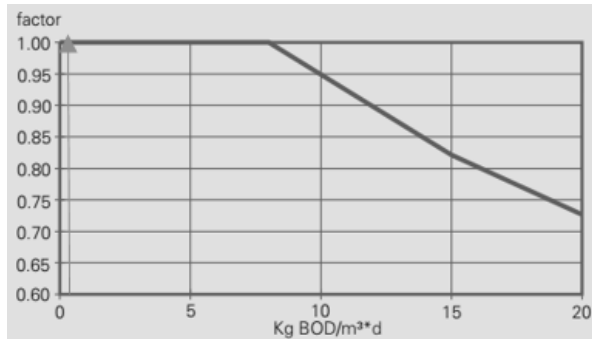
$$\begin{aligned}
 &= \text{BODe BP} \times Q / \text{Volume ABR} / 1000 \\
 &= 116,99 \text{ (g/ m}^3\text{)} \times 264,38 \text{ (m}^3\text{/hari)} / 126 \text{ (m}^3\text{)} / 1.000 \text{ (g/kg)} \\
 &= 0,25 \text{ kg BOD/m}^3\text{ hari} \\
 \text{Cek HRT} &= \text{Volume ABR} / Q \\
 &= 126 / 11,02 \\
 &= 11,44 \text{ jam; HRT} > 8 \text{ jam (memenuhi)}
 \end{aligned}$$

HRT perhitungan memenuhi kriteria desain ($11,44 \text{ jam} > 8 \text{ jam}$).

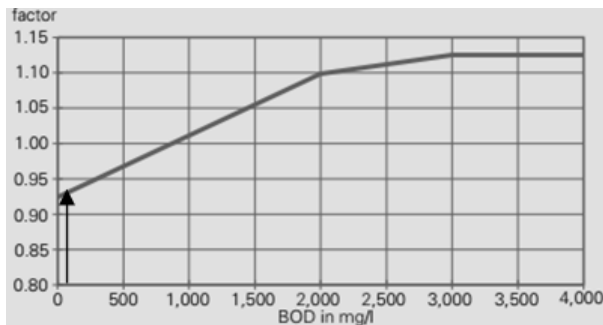
$$\text{Suhu} = 27 \text{ }^\circ\text{C}$$

Konsentrasi efluen unit ABR diperoleh dengan plot grafik pada faktor (f) beban organik, faktor (f) konsentrasi air limbah, faktor (f) HRT, dan faktor (f) suhu. Berdasarkan hasil plot,

diperoleh nilai f-beban organik sebesar 1; f-konsentrasi sebesar 0,93; f-HRT sebesar 0,81; dan nilai f-suhu sebesar 1,01. Masing-masing plot tersebut dapat dilihat pada rangkaian Gambar 5.13 hingga Gambar 5.16 berikut. Dari plot pada grafik tersebut diperoleh nilai berikut:

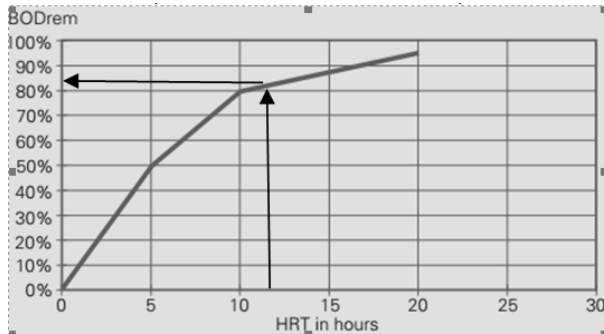


Gambar 5. 13 Kurva Faktor Beban Organik
(Sumber: Sasse dkk, 2009)

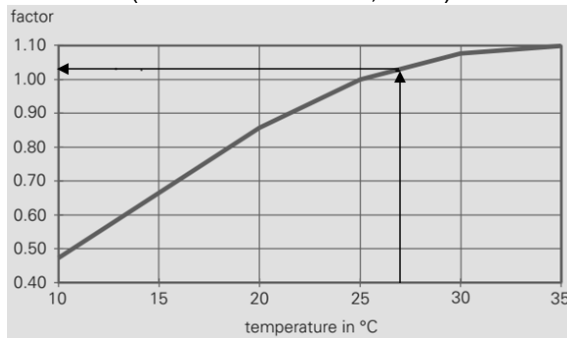


Gambar 5. 14 Kurva Faktor Konsentrasi Limbah
(Sumber: Sasse dkk, 2009)

f-beban	=	1
f-konsentrasi	=	0,93
f-HRT	=	0,84
f-suhu	=	1,03



Gambar 5. 15 Kurva Faktor HRT
(Sumber: Sasse dkk, 2009)



Gambar 5. 16 Kurva Faktor Suhu
(Sumber: Sasse dkk, 2009)

$$\begin{aligned}
 \% \text{ penyisihan COD ABR} &= f\text{-beban} \times f\text{-konsentrasi} \times f\text{-HRT} \times f\text{-suhu} \\
 &= 1 \times 0,93 \times 0,84 \times 1,03 \times 100\% \\
 &= 80,46 \% \\
 \text{CODE ABR} &= \text{CODE bak pengendap} \times (1 - \% \text{penyisihan COD ABR}) \\
 &= 220,42 \times (1 - 80,46\%) \\
 &= 43,07 \text{ mg/l; CODE} < 50 \text{ mg/l} \\
 &\quad (\text{memenuhi baku mutu}) \\
 \% \text{penyisihan COD total} &= 1 - (\text{CODE ABR} / \text{CODi}) \\
 &= 1 - (43,07/294,58) \\
 &= 85,59\%
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Penyisihan COD/BOD} &= 1,025 \\
 \% \text{penyisihan BOD ABR} &= \text{Penyisihan COD/BOD} \times \% \text{ penyisihan COD total} \\
 &= 1,025 \times 85,59\% \\
 &= 87,73\% \\
 \text{BODe ABR} &= \text{BODi} \times (1 - \% \text{penyisihan BOD ABR}) \\
 &= 162,1 \times (1 - 87,73\%) \\
 &= 19,89 \text{ mg/l}; \text{ BODe} < 30 \text{ mg/l} \\
 &\quad (\text{memenuhi baku mutu}) \\
 \text{TSS e ABR} &= \text{SS/COD} \times \text{CODE ABR} \\
 &= 0,42 \times 43,07 \text{ mg/l} \\
 &= 18,09 \text{ mg/l}; \text{ TSSe} < 50 \text{ mg/l} \\
 &\quad (\text{memenuhi baku mutu}) \\
 \% \text{ penyisihan TSS ABR} &= 1 - \text{TSSe ABR} / \text{TSSi} \times 100\% \\
 &= 1 - 18,09 / 216,51 \times 100\% \\
 &= 91,64\%
 \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan, diperoleh nilai COD, BOD, dan TSS effluen sebesar 43,07 mg/l; 19,89 mg/l; dan 18,09 mg/l. Keseluruhan nilai tersebut memenuhi baku mutu Peraturan Gubernur Jawa Timur No 72 tahun 2013 tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Industri dan/atau Kegiatan Usaha Lainnya.

5.6.4 Neraca Massa

Secara teoritis, dengan asumsi substrat adalah karbohidrat, reaksi degradasi secara anaerobik dapat dinyatakan sebagai berikut:



Persamaan 5.1 dapat dinyatakan dalam kesetimbangan COD sebagai berikut:

$$0 = \text{Massa CODi} - \text{Massa CODE} - \text{Massa COD}_{\text{biogas}}$$

A. Perhitungan Massa

$$\begin{aligned}
 Q &= 264,38 \text{ m}^3/\text{hari} \\
 \text{Massa COD influen} &= Q \times [\text{CODi}] / 1000 \\
 &= 264,38 \times 294,58 / 1000 \\
 &= 79,018 \text{ kg/hari} \\
 \text{Massa BOD influen} &= Q \times [\text{BODi}] / 1000
 \end{aligned}$$

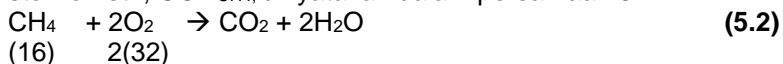
$$\begin{aligned}
&= 264,38 \times 162,1 / 1000 \\
&= 42,856 \text{ kg/hari} \\
\text{Massa TSS influen} &= Q \times [\text{TSSi}] / 1000 \\
&= 264,38 \times 216,51 / 1000 \\
&= 57,241 \text{ kg/hari} \\
\text{Massa COD efluen ABR} &= Q \times [\text{CODe}] / 1000 \\
&= 264,38 \times 43,07 / 1000 \\
&= 11,387 \text{ kg/hari} \\
\text{Massa BOD efluen ABR} &= Q \times [\text{BODe}] / 1000 \\
&= 264,38 \times 19,89 / 1000 \\
&= 5,259 \text{ kg/hari} \\
\text{Massa TSS efluen ABR} &= Q \times [\text{TSSe}] / 1000 \\
&= 264,38 \times 18,09 / 1000 \\
&= 4,783 \text{ kg/hari} \\
\text{Massa COD}_{\text{tersisihkan}} &= \text{Massa CODi} - \text{Massa COD}_{\text{eBP}} \\
&= 79,018 - 11,387 \\
&= 67,631 \text{ kg /hari} \\
\text{Massa BOD}_{\text{tersisihkan}} &= \text{Massa BODi} - \text{Massa BOD}_{\text{eBP}} \\
&= 42,856 - 5,259 \\
&= 37,597 \text{ kg /hari} \\
\text{Massa TSS}_{\text{tersisihkan}} &= \text{Massa CODi} - \text{Massa COD}_{\text{eBP}} \\
&= 57,241 - 4,783 \\
&= 52,458 \text{ kg /hari}
\end{aligned}$$

B. Produksi Biogas

Berdasarkan hukum gas ideal, $PV=nRT$, volume gas dipengaruhi oleh jumlah mol, tekanan dan suhu. Dalam sub bab 3.1 diterangkan bahwa wilayah perencanaan memiliki suhu rata-rata 27°C. Oleh karena itu, volume 1 mol metana dalam suhu 27°C dapat dihitung sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
\text{Vol CH}_4 / n &= RT/P \\
\text{Vol CH}_4 / 1 &= 0,082057 \times (273,15 + 27) / 1 \\
\text{Vol CH}_4 &= 24,63 \text{ L / mol}
\end{aligned}$$

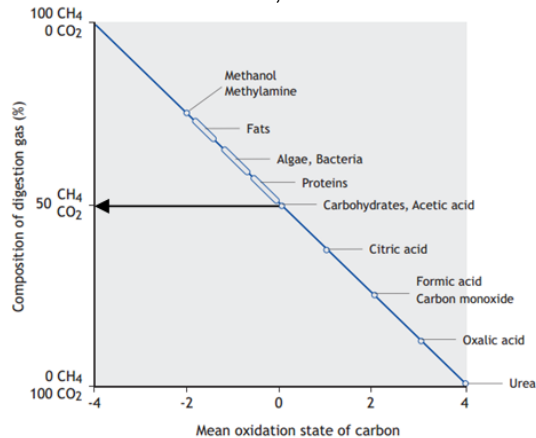
COD_{CH_4} adalah kebutuhan oksigen yang diperlukan untuk mengoksidasi gas metan menjadi karbon dioksida dan air. Secara stoikiometri, COD_{CH_4} , dinyatakan dalam persamaan 5.2.



(16) 2(32)

Persamaan 5.2 menunjukkan bahwa massa COD per mol metana adalah 2 (32) $\text{gO}_2 / \text{mol CH}_4 = 64 \text{ g COD/mol CH}_4$.

$$\begin{aligned}
 (\text{Vol CH}_4 / \text{COD}) &= \text{Volume / massa COD} \\
 &= 24,63/64 \\
 &= 0,3848 \text{ m}^3 \text{ CH}_4 / \text{kg COD} \\
 \text{Produksi CH}_4 &= (\text{Vol CH}_4 / \text{COD}) \times \text{COD}_{\text{tersisihkan}} \\
 &= 0,3848 \text{ m}^3 / \text{kgCOD} \times 67,631 \text{ kg COD/hari} \\
 &= 26,02 \text{ m}^3/\text{hari}
 \end{aligned}$$

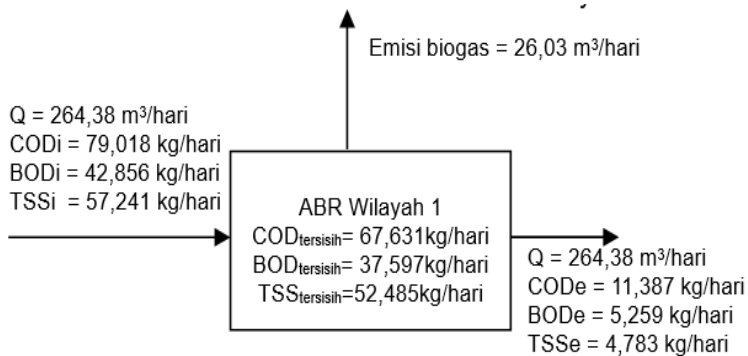


Gambar 5. 17 Persen CH₄ dalam Biogas
(Sumber: Van Lier dkk, 2008)

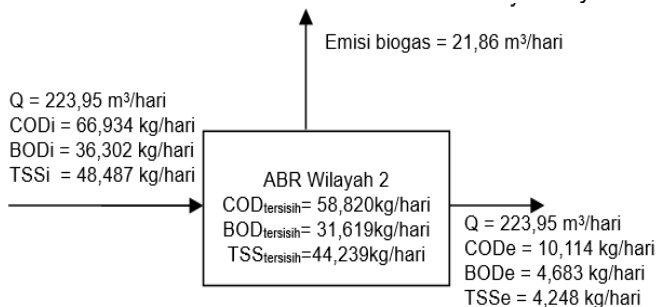
Dari Gambar 5.17 dan Persamaan 5.1 di mana glukosa digunakan sebagai substrat, dapat diketahui komposisi CH₄ dalam biogas sebesar 50%. Menurut Sasse (2009), air limbah domestik konsentrasi rendah 50% dari biogas akan terlarut di air. Oleh karena itu, secara teoritis total biogas teremisikan dapat dihitung sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 \text{Total Biogas} &= (\text{Produksi CH}_4 / \text{Komposisi CH}_4) \times \\
 \text{Teremisikan} &\quad \text{Fraksi biogas terlarut} \\
 &= (26,02) / 50\% \times 50\% \\
 &= 26,02 \text{ m}^3/\text{hari}
 \end{aligned}$$

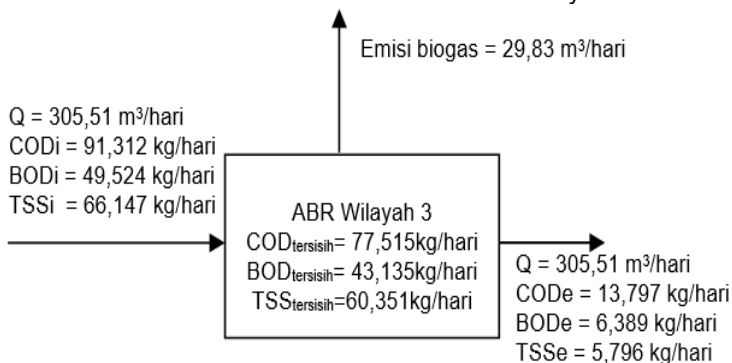
Pemanfaatan biogas tidak efisien apabila dilakukan terhadap air limbah dengan konsentrasi COD <1.500 mg/l dan debit < 20 m³/hari (Sasse dkk, 2009). Berdasarkan perhitungan di atas, neraca massa unit ABR dapat diilustrasikan pada Gambar 5.17. Hasil perhitungan neraca massa unit ABR dapat dilihat pada Tabel 5.19.



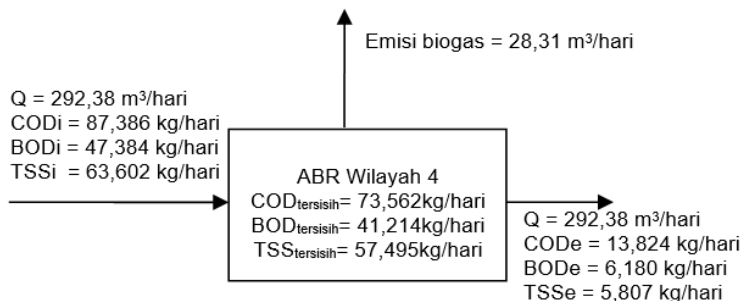
Gambar 5. 18 Neraca Massa ABR Wilayah 1



Gambar 5. 19 Neraca Massa ABR Wilayah 2



Gambar 5. 20 Neraca Massa ABR Wilayah 3



Gambar 5. 21 Neraca Massa ABR Wilayah 4

Tabel 5. 19 Hasil Perhitungan Neraca Massa ABR

Parameter	Wilayah 1	Wilayah 2	Wilayah 3	Wilayah 4
Q (m³/hari)	264,38	223,95	305,51	292,38
CODinflen (mg/l)	298,88	298,88	298,88	298,88
CODinflen (kg/hari)	79,018	66,934	91,312	87,39
BOD inflen (mg/l)	162,10	162,10	162,10	162,10
BODinflen (kg/hari)	42,856	36,302	49,524	47,39
TSS inflen (mg/l)	216,51	216,51	216,51	216,51
TSSinflen (kg/hari)	57,241	48,487	66,147	63,302
CODefluen (mg/l)	43,07	45,16	45,16	47,28
CODefluen (kg/hari)	11,387	10,114	13,797	13,824
BOD effluen (mg/l)	19,89	20,91	20,91	47,28
BODEffluen (kg/hari)	5,259	4,683	6,389	6,180
TSS effluen (mg/l)	18,09	18,97	18,97	21,14
TSSeffluen (kg/hari)	4,783	4,248	5,796	5,807
Volume Biogas(m³/hari)	26,02	21,86	29,83	28,31

Sumber: Hasil Perhitungan, 2017

5.6.5 Perhitungan Headloss

Perhitungan *headloss* digunakan untuk mengetahui elevasi muka air di inlet dan outlet bangunan.. Perhitungan headloss dilakukan dengan menggunakan persamaan Darcy-Weisbach untuk saluran *open flow*.

$$H_f = f \times L \times v^2 \times (4R \times 2g)^{-1}$$

$$f = 1,5 \times (0,01989 + 0,0005078 / 4R)$$

Di mana:

$$H_f = \text{Headloss (m)}$$

$$f = \text{Darcy-Weisbach Friction Factor (bernilai 0,3-3,0 untuk material beton dan 0,0015 untuk PVC)}$$

$$L = \text{Panjang Saluran (m)}$$

- R = Jari-jari hidrolis (m)
 v = Kecepatan (m/detik)
 g = Percepatan Gravitasi (9,81 m/detik²)
 R = Jari-jari hidrolis (m)

Headloss unit ABR dapat dihitung pada bak pengendapan kompartemen. Berikut merupakan contoh perhitungan headloss pada unit ABR.

$$\begin{aligned}
 \text{Panjang kompartemen} &= 1,5 \text{ m} \\
 \text{Lebar kompartemen} &= 4 \text{ m} \\
 \text{Panjang shaft} &= 0,25 \text{ m} \\
 v1A1 &= v2A2 \\
 1,84/(3600 \text{ detik/jam}) \times (1,5 \times 4) &= v2 \times (0,25 \times 4) \\
 v2 &= 0,003 \text{ m/detik} \\
 R &= l \times h / (l+2h) \\
 &= 4 \times 3 / (4 + 2 \times 3) \\
 &= 1,2 \\
 f &= 1,5 \times (0,01989 + 0,0005078 / 4R) \\
 &= 0,03 \\
 H_f \text{ kompartemen} &= f \times L \text{ kompartemen} \times v^2 \times (4R \times 2g)^{-1} \\
 &= 0,03 \times (1,75 \times 6) \times 0,003^2 \times (4 \times 1,2 \times 2 \times 9,81)^{-1} \\
 &= 3,010 \times 10^{-8} \text{ m} \\
 \text{Headloss pengendap bak} & \\
 \text{Panjang bp} &= 4,7 \text{ m} \\
 \text{Lebar bp} &= 4 \text{ m} \\
 v1A1 &= v2A2 \\
 0,03 \times (0,25 \times 4) &= v2 \times (4 \times 4,7) \\
 v2 &= 0,0002 \\
 R &= l \times h / (l+2h) \\
 &= 4 \times 3 / (4 + 2 \times 3) \\
 &= 1,32 \\
 H_f \text{ bp} &= f \times L \times v^2 \times (4R \times 2g)^{-1} \\
 &= (1,5 \times (0,01989 + 0,0005078 / 4 \times 1,32) \times (4) \times 0,0002 \times (4 \times 1,32 \times 2 \times 9,81)^{-1} \\
 &= 3 \times 10^{-11}
 \end{aligned}$$

$$\text{Total Headlos} = 3,013 \times 10^{-8} \text{ m}$$

Nilai headlos sangat kecil sehingga headloss di unit ABR diabaikan. Hasil perhitungan unit – unit IPALD dapat dilihat pada Tabel 5.19. Adapun gambar terkait perancangan IPALD dapat dilihat pada lampiran C.

Tabel 5. 20 Hasil Perhitungan Unit ABR

No	Uraian	Wilayah 1	Wilayah 2	Wilayah 3	Wilayah 4	Kriteria Desain
1	Jumlah IPAL (unit)	3	2	3	3	-
2	Total Luas (m ²)	182,4	92,48	185,63	176,88	-
Nilai di bawah merupakan uraian per unit IPALD						
1	Volume (m ³)	182,4	147,9	198,00	184,14	-
2	Luas (m ²)	60,8	46,24	61,88	58,96	-
3	HRT (jam)	11,44	10,78	10,46	10,08	>8
4	OLR (kgCOD/m ³ hari)	0,46	0,49	0,51	0,52	<3
5	Vup (m/jam)	1,84	1,89	1,77	1,79	<2
6	Panjang BP (m)	4,7	4,8	4,5	4,5	-
7	Lebar BP (m)	4	3,4	4,5	4,4	-
8	Tinggi air BP (m)	3	2,9	3,2	3,1	>1,2
9	Panjang kompartemen (m)	1,5	1,45	1,6	1,55	(0,5- 0,6) h kom
10	Lebar kompartemen (m)	4	3,4	4,5	4,4	-
11	Tinggi (h) kompartemen (m)	3	2,9	3,2	3,1	-
12	Jumlah (n) kompartemen	6	6	5	5	-
13	Penyisihan COD (%)	85,59	84,89	84,89	84,18	-
14	Penyisihan BOD (%)	87,73	87,1	87,1	86,96	-
15	Penyisihan TSS (%)	91,64	91,24	91,24	90,83	-
16	CODeffluen(mg/l)	43,07	45,16	45,16	47,28	<50
17	BODeffluen (mg/l)	19,89	10,91	20,91	21,14	<30
18	TSSeffluen(mg/l)	18,09	18,97	18,97	19,86	<50
19	Total Hf	3 x 10 ⁻⁸	3 x 10 ⁻⁸	2 x 10 ⁻⁸	2 x 10 ⁻⁸	-

Sumber: Hasil Perhitungan, 2017

“Halaman ini sengaja dikosongkan.”

BAB 6 BOQ DAN RAB

6.1 SPALD

6.1.1 BOQ Perpipaan

A. Perhitungan Jumlah Pipa

Dalam perencanaan berikut digunakan Mia PVC dengan panjang 4 m per pipa. Data panjang pipa dan diameter pipa yang digunakan diperoleh dari hasil perhitungan dimensi pipa SPALD yang dapat dilihat pada lampiran B. Berikut contoh perhitungan BOQ pipa untuk wilayah 1. Hasil perhitungan kebutuhan pipa dapat dilihat pada Tabel 6.1.

Pipa 100 mm

Total panjang pipa = 4.957 m

Panjang pipa per batang = 4 m

batang

Kebutuhan pipa = Total panjang pipa / panjang pipa per batang
 = 4.057 / 4
 = 1.240 batang

Tabel 6. 1 Kebutuhan Pipa

Diameter (m)	Panjang Pipa (m)	Panjang pipa per batang (m)	Jumlah pipa (batang)
Wilayah 1			
0,1	4.957	4	1.240
0,15	1.013	4	254
0,20	126	4	32
Wilayah 2			
0,1	2.091	4	523
0,15	461	4	116
Wilayah 3			
0,1	5.423	4	1.356
0,15	272	4	68
0,2	381	4	96
Wilayah 4			
0,1	7.899	4	1.975

Diameter (m)	Panjang Pipa (m)	Panjang pipa per batang (m)	Jumlah pipa (batang)
0,15	434	4	109
0,25	101	4	26

Sumber: Hasil Perhitungan, 2017

Tabel 6. 2 Rekapitulasi Kebutuhan Pipa

Diameter Pipa (mm)	Jumlah Pipa (batang)
100	5.094
150	547
200	128
250	26

Sumber: Hasil Perhitungan, 2017

B. Perhitungan Aksesoris Pipa

Dalam perpipaan air limbah setiap belokan digunakan manhole sebagai penyambung pipa. Kebutuhan aksesoris pipa air limbah yang dihitung adalah sambungan pipa. Sambungan pipa dihitung dari masing – masing jalur pipa. Berikut merupakan contoh perhitungan pipa di jalur b1-b pada wilayah pelayanan 1:

$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah Pipa} &= \text{Panjang pipa} / 4 \\
 &= 406/4 \\
 &= 102 \text{ batang}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah sambungan} &= (\text{Jumlah pipa} - 1) - \text{jumlah manhole} \\
 &= 102-1-4 \\
 &= 97
 \end{aligned}$$

Jumlah manhole yang digunakan perhitungan asesoris pipa adalah jumlah manhole di antara jalur pipa. Sehingga manhole di titik b1 dan manhole di titik b tidak diperhitungkan. Hasil perhitungan jumlah sambungan pipa dapat dilihat pada Tabel 6.3.

Tabel 6. 3 Kebutuhan Sambungan

Uraian	Jumlah Sambungan (buah)
Wilayah 1 Dia. 100	1.194
Wilayah 1 Dia. 150	245
Wilayah 1 Dia. 200	31
Wilayah 2 Dia. 100	496

Uraian	Jumlah Sambungan (buah)
Wilayah 2 Dia. 150	111
Wilayah 3 Dia. 100	1.557
Wilayah 3 Dia. 150	136
Wilayah 3 Dia. 200	91
Wilayah 3 Dia. 250	13
Wilayah 4 Dia. 100	1.886
Wilayah 4 Dia. 150	105
Wilayah 4 Dia. 250	24
Total Dia. 100	5.133
Total Dia. 150	597
Total Dia. 200	122
Total Dia. 250	37

Sumber: Hasil Perhitungan, 2017

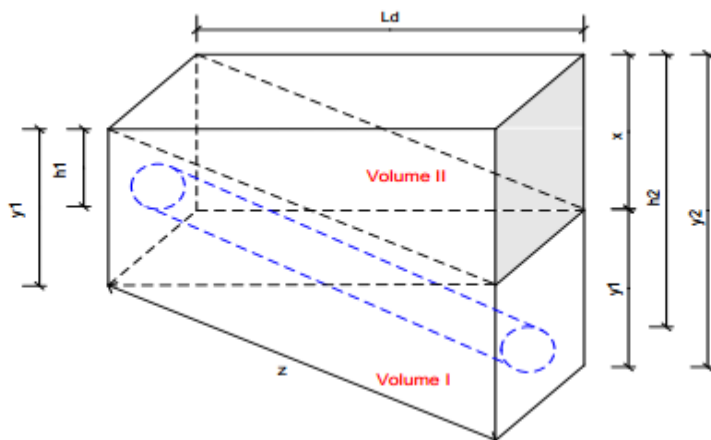
6.1.2 BOQ Pekerjaan Tanah

A. Volume Galian Tanah

Volume galian tanah untuk perpipaan air limbah dikembangkan dari perhitungan kedalaman galian pada sub bab 5.4.5. Penanaman pipa mengikuti SNI 7511:2011 tentang tata cara pemasangan pipa transmisi dan pipa distribusi serta bangunan pelintas pipa. Ilustrasi rencana galian pipa dapat dilihat pada Gambar 6.1.

Nilai w diperoleh dari Tabel 5.14. Sementara itu, nilai y_1 dan y_2 diperoleh dari hasil perhitungan penanaman pipa pada lampiran B. Perhitungan berikut merupakan contoh perhitungan galian pipa pada jalur pipa h_1 - h di wilayah 1. Hasil perhitungan volume galian pipa dapat dilihat pada Lampiran B.

$$\begin{aligned}
 \text{Volume I} &= W \times y_1 \times L_d \\
 &= 0,4 \times 0,5 \times 348 \\
 &= 69,6 \text{ m}^3 \\
 \text{Volume II} &= 0,5 \times W \times (y_2 - y_1) \times L_d \\
 &= 0,5 \times 0,4 \times (5,19 - 0,5) \times 348 \\
 &= 326,42 \text{ m}^3 \\
 \text{Volume Galian Tanah} &= \text{Volume I} + \text{Volume II} \\
 &= 69,6 + 326,42 \\
 &= 396,02 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$



Gambar 6. 1 Ilustrasi rencana galian pipa

Keterangan:

Ld = panjang pipa (m)

H1 = kedalaman penanaman pipa awal

H2 = kedalaman penanaman pipa akhir

Y1 = kedalaman galian awal

Y2 = kedalaman galian akhir

X = $y_2 - y_1$

Z = $(y_1^2 + Ld^2)^{0,5}$

Volume I = $w \times y_1 \times Ld$

Volume II = $0,5 \times w \times X \times Ld$

Volume galian tanah = Volume I + Volume II

B. Volume Urugan Pasir

Menurut Peraturan Menteri PUPR No 4 Tahun 2017 tentang penyelenggaraan sistem pengelolaan air limbah domestik, pipa penyalur air limbah perlu diberi *bedding*. Hal tersebut dimaksudkan agar pipa terpasang tidak mengalami gangguan oleh beban yang melintas di atasnya. *Bedding* dipasang di bawah pipa dengan ketebalan 10 cm dengan dipadatkan. Material *bedding* yang digunakan dalam perencanaan ini adalah pasir.

Menurut SNI 7511:2011 tentang pemasangan pipa transmisi dan pipa distribusi serta bangunan pelintas pipa, tambahan urugan pasir padat perlu dilakukan mulai bawah pipa hingga pertengahan pipa. Setelah itu, urugan pasir diberikan di atas lapisan tersebut hingga 30 cm diatas pipa. Tinggi urugan pasir secara keseluruhan meliputi tinggi pasir bedding, tinggi pasir atas, dan tinggi pasir di samping pipa. Tinggi pasir disamping pipa sama dengan diameter pipa. Berikut perhitungan volume urugan pasir pada jalur h1-h wilayah 1. Hasil perhitungan volume urugan pasir dapat dilihat pada lampiran B.

$$\begin{aligned}\text{Volume pipa} &= \frac{1}{4} \pi D^2 \times Ld \\ &= \frac{1}{4} \times 3,14 \times 0,1^2 \times 348 \\ &= 2,73 \text{ m}^3\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Volume urugan pasir} &= W \times h_{\text{pasir}} \times Ld - \text{volume pipa} \\ &= W \times (\text{pasir atas} + \text{pasir bedding} + \text{pasir samping pipa}) \times Ld - \text{volume pipa} \\ &= 0,4 \times (0,3+0,1+0,1) \times 348 - 2,73 \\ &= 66,87 \text{ m}^3\end{aligned}$$

C. Volume Urugan Tanah Kembali

Volume tanah galian diambil sebagian untuk diurug di atas lapisan pasir. Sisa tanah urug akan diangkut keluar lokasi proyek. Hasil perhitungan volume tanah urug beserta volume tanah yang diangkut dapat dilihat pada lampiran B. Berikut merupakan contoh perhitungan volume urugan tanah kembali di jalur pipa h1-h wilayah 1.

$$\begin{aligned}\text{Volume urugan tanah kembali} &= \text{Volume galian pipa} - \text{volume urugan pasir} - \text{volume pipa} \\ &= 175,39 - 78,01 - 3,19 \\ &= 94,19 \\ \text{Volume tanah diangkut keluar proyek} &= \text{Volume galian tanah} - \text{volume urugan tanah kembali} \\ &= 175,39 - 94, \\ &= 81,2 \text{ m}^3\end{aligned}$$

D. Luas Pembongkaran Paving

Pada jalan – jalan tertentu, perkerasan yang digunakan adalah paving. Oleh karena itu, perlu diperhitungkan volume pembongkaran dan pemasangan kembali paving. Hasil perhitungan dapat dilihat pada lampiran B. Berikut merupakan

contoh perhitungan pembongkaran paving pada jalur h1-h wilayah 1.

$$\begin{aligned}\text{Luas pembongkaran paving} &= W \times L_d \\ &= 0,4 \times 0 \text{ (Jalan tidak dipaving)} \\ &= 0 \text{ m}^2\end{aligned}$$

Tabel 6. 4 Rekap BOQ SPALD Wilayah 1

Uraian Pekerjaan	Volume	Satuan
PEKERJAAN SPAL		
PEKERJAAN PERSIAPAN		
Pembongkaran Paving Dipakai Kembali	1.266,74	m2
PEKERJAAN TANAH		
Galian Tanah Biasa Untuk Konstruksi Kembali	6.819,98	m3
Urugan Pasir Dipadatkan	1.206,35	m3
Urugan Tanah Kembali	5.553,24	m3
Pengangkutan Tanah keluar Proyek	1.266,74	m3
PEKERJAAN BETON		
Bedding Pipa	21,15	m3
Manhole	92,45	m3
PEKERJAAN LAIN-LAIN		
Pemasangan Pipa Air Kotor dia. 4"	4.910,00	m
Pemasangan Pipa Air Kotor dia. 6"	1.013,00	m
Pemasangan Pipa Air Kotor dia. 10"	463,00	m
Pemasangan Paving	1.266,74	m2
Pemasangan Pompa	0	buah

Sumber: Hasil Perhitungan, 2017

Tabel 6. 5 Rekap BOQ SPALD Wilayah 2

Uraian Pekerjaan	Volume	Satuan
PEKERJAAN SPAL		
PEKERJAAN PERSIAPAN		
Pembongkaran Paving Dipakai Kembali	1.370,05	m2

PEKERJAAN TANAH		
Galian Tanah Biasa Untuk Konstruksi Kembali	1.980,98	m3
Urugan Pasir Dipadatkan	219,14	m3
Urugan Tanah Kembali	1.043,85	m3
Pengangkutan Tanah keluar Proyek	1.043,85	m3
PEKERJAAN BETON		
Bedding Pipa	12,65	m3
Manhole	37,36	m3
PEKERJAAN LAIN-LAIN		
Pemasangan Pipa Air Kotor dia. 4"	2.091,00	m
Pemasangan Pipa Air Kotor dia. 6"	461,00	m
Pemasangan Paving	1.370,05	m2
Pemasangan Pompa	-	buah

Sumber: Hasil Perhitungan, 2017

Tabel 6. 6 Rekap BOQ SPALD Wilayah 3

Uraian Pekerjaan	Volume	Satuan
PEKERJAAN SPAL		
PEKERJAAN PERSIAPAN		
Pembongkaran Paving Dipakai Kembali	2.086,20	m2
PEKERJAAN TANAH		
Galian Tanah Biasa Untuk Konstruksi Kembali	5.466,74	m3
Urugan Pasir Dipadatkan	1.141,45	m3
Urugan Tanah Kembali	4.251,64	m3
Pengangkutan Tanah keluar Proyek	1.215,10	m3
PEKERJAAN BETON		
Bedding Pipa	34,53	m3
Manhole	130,67	m3
PEKERJAAN LAIN-LAIN		
Pasang Pipa Air Kotor dia. 4"	5.423,00	m
Pasang Pipa Air Kotor dia. 6"	272,00	m
Pasang Pipa Air Kotor dia. 8"	381,00	m

Uraian Pekerjaan	Volume	Satuan
Pasang Paving	2.086,20	m2
Pasang Pompa	71,00	buah

Sumber: Hasil Perhitungan, 2017

Tabel 6. 7 Rekap BOQ SPALD Wilayah 4

Uraian Pekerjaan	Volume	Satuan
PEKERJAAN SPAL		
PEKERJAAN PERSIAPAN		
Pembongkaran Paving Dipakai Kembali	-	m2
PEKERJAAN TANAH		
Galian Tanah Biasa Untuk Konstruksi Kembali	8.001,57	m3
Urugan Pasir Dipadatkan	1.645,39	m3
Urugan Tanah Kembali	6.281,53	m3
Pengangkutan Tanah keluar Proyek	1.720,04	m3
PEKERJAAN BETON		
Bedding Pipa	36,78	m3
Manhole	135,93	m3
PEKERJAAN LAIN-LAIN		
Pemasangan Pipa Air Kotor dia. 4"	7.899,00	m
Pemasangan Pipa Air Kotor dia. 6"	434,00	m
Pemasangan Pipa Air Kotor dia. 10"	101,00	m

Sumber: Hasil Perhitungan, 2017

6.2 BOQ Sumur Pengumpul dan Kotak Distribusi

Berikut merupakan contoh perhitungan BOQ untuk unit sumur pengumpul dan kotak distribusi. Contoh perhitungan menggunakan unit di wilayah 1.

6.2.1 Pekerjaan Persiapan

A. Pembersihan Lahan

$$\begin{aligned}
 \text{Panjang} &= (P_{SP} + \text{lebar tembok} + 1) \\
 &= 3,8 + 0,3 + 1 \\
 &= 5,1 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Lebar} &= (2 + P_{KD} + \text{lebar tembok} + 1) \\
 &= 2 + 2,6 + 0,3 + 1
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 5,9 \text{ m} \\
 \text{Volume} &= \text{Jumlah} \times p \times l \\
 &= 1 \times 5,1 \times 5,9 \\
 &= 28,56 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

B. Pemasangan Bouwplank

$$\text{Jumlah titik} = 8 \text{ titik}$$

6.2.2 Pekerjaan Tanah

A. Penggalian Tanah

$$\text{Panjang (p)} = 3,8 \text{ m}$$

galian SP

$$\text{Lebar (l)} = \text{P galian SP}$$

galian SP

$$\begin{aligned}
 \text{Tinggi (t) SP} &= \text{hair} + (\text{elevasi tanah} - \text{elevasi bawah pipa}) + \\
 &\quad h_{\text{dinding}} + h_{\text{lantai kerja}} + h_{\text{pasir}} \\
 &= 0,8 + 6,49 + 0,15 + 0,05 + 0,1 \\
 &= 7,59 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\text{Volume galian SP} = (P+0,8) \times (l+0,8) \times t$$

$$= 4,9 \times 4,9 \times 7,59$$

$$= 182,28 \text{ m}^3$$

$$\text{Tinggi (t) KD} = h_{\text{KD}} + h_{\text{lantai kerja}} + h_{\text{pasir}}$$

$$= 0,6 + 0,05 + 0,1$$

$$= 0,75 \text{ m}$$

$$\text{Volume galian KD} = (P+0,8) \times (l+0,8) \times t$$

$$= 7,21 \text{ m}^3$$

$$\text{Volume Galian} = \text{Volume Galian SP} + \text{Volume Galian KD}$$

$$= 182,28 + 7,21$$

$$= 189,49 \text{ m}^3$$

B. Urugan Pasir dipadatkan

$$\text{Volume} = \text{Volume pasir SP} + \text{Volume Pasir KD}$$

$$= [(p_{\text{SP}} + p_{\text{dinding}})^2 \times 0,1] + [p_{\text{KD}} + p_{\text{dinding}})^2 \times 0,1]$$

$$= [(3,8+0,3)^2 \times 0,1] + [(2,3+0,3)^2 \times 0,1]$$

$$= 2,21 \text{ m}^3$$

C. Pengangkutan Tanah Keluar Proyek

$$\text{Volume Angkut SP} = (p_{\text{SP}} + p_{\text{dinding}})^2 \times t_{\text{SP}}$$

$$= (3,8+0,3)^2 \times 7,59$$

$$\begin{aligned}
 &= 127,62 \text{ m}^3 \\
 \text{Volume AngkutKD} &= (p_{KD} + p_{dinding})^2 \times t_{KD} \\
 &= (2,3 + 0,3)^2 \times 0,75 \\
 &= 3,97 \text{ m}^3 \\
 \text{Volume Angkut} &= \text{Volume urug SP} + \text{Volume Urug KD} \\
 &= 127,62 + 3,97 \\
 &= 131,59
 \end{aligned}$$

D. Urugan tanah

$$\begin{aligned}
 \text{Volume urug} &= \text{Volume Galian} - \text{Volume Angkut} \\
 &= 189,49 - 131,59 \\
 &= 57,9 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

6.2.3 Pekerjaan Pondasi

A. Pembuatan Lantai Kerja K-250

$$\begin{aligned}
 \text{Volume} &= (P_{SP} + p_{dinding})^2 \times 0,05 + (P_{KD} + p_{dinding})^2 \times 0,05 \\
 &= (3,8 + 0,3)^2 \times 0,05 + (2,3 + 0,3)^2 \times 0,05 \\
 &= 1,1 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

6.2.4 Pekerjaan Struktur

A. Pekerjaan beton dinding K-250 Alternatif 1

$$\begin{aligned}
 \text{Panjang dinding} &= 3,8 \text{ m} \\
 (p_{SP}) \\
 \text{tinggi dinding}(t_{SP}) &= 0,8 + 6,49 - 0,15 \\
 &= 7,14 \\
 \text{Volume dinding} &= 2(p_{SP} + p_{dinding}) \times t_{SP} \times \text{tebal}_{dinding} + 2 p_{SP} \times \\
 \text{SP} &\quad t_{SP} \times \text{tebal}_{dinding} \\
 &= 2(3,8 + 0,3) \times 7,14 \times 0,15 + 2 \times 3,8 \times 7,14 \times 0,15 \\
 &= 16,93 \text{ m}^3 \\
 \text{Panjang dinding} &= 2,3 \text{ m} \\
 (p_{KD}) \\
 \text{tinggi dinding}(t_{KD}) &= 0,7 \text{ m} \\
 \text{Volume dinding} &= 2(p_{KD} + p_{dinding}) \times t_{SP} \times \text{tebal}_{dinding} + 2 p_{KD} \times \\
 \text{KD} &\quad t_{KD} \times \text{tebal}_{dinding} \\
 &= 2(2,3 + 0,3) \times 0,8 \times 0,15 + 2 \times 2,3 \times 0,7 \times 0,15 \\
 &= 1,029 \sim 1,03 \text{ m}^3 \\
 \text{Volume dinding} &= \text{Volume SP} + \text{Volume KD} \\
 &= 16,93 + 1,03
 \end{aligned}$$

$$= 17,96 \text{ m}^3$$

B. Beton lantai K-250

$$\begin{aligned}\text{Volume lantai} &= (P_{SP} + p_{dinding})^2 \times 0,1 + (P_{KD} + p_{dinding})^2 \times 0,1 \\ &= (3,8 + 0,3)^2 \times 0,1 + (2,3 + 0,3)^2 \times 0,1 \\ &= 2,21 \text{ m}^3\end{aligned}$$

C. Beton atap K-250

$$\begin{aligned}\text{Volume atap} &= (P_{SP} + p_{dinding})^2 \times 0,1 + (P_{KD} + p_{dinding})^2 \times 0,1 \\ &= (3,8 + 0,3)^2 \times 0,1 + (2,3 + 0,3)^2 \times 0,1 \\ &= 2,21 \text{ m}^3\end{aligned}$$

6.2.5 Pekerjaan Lain – Lain

A. Pemasangan pipa air kotor dia. 4"

$$P \text{ pipa} = 9,88 \text{ m}$$

B. Pemasangan Tangga

$$\text{Jumlah Anak Tangga} = 10 \text{ buah}$$

C. Plat Tutup Manhole

$$\text{Jumlah manhole} = 1 \text{ buah}$$

D. Pelapisan waterproofing

$$\begin{aligned}\text{Luas} &= \text{Luas alas} + \text{Luas dinding} \\ &= (P_{SP} + p_{dinding})^2 + 4 \times (P_{SP} + p_{dinding} \times H_{sp} - \text{hair tanah}) \\ &= (3,8 + 0,3)^2 + 4 \times (3,8 + 0,3 \times 7,59 - 5) \\ &= 54,4 \text{ m}^2\end{aligned}$$

Tabel 6. 8 Rekap BOQ Sumur Pengumpul Wilayah 1

Uraian Pekerjaan	Volume	Satuan
PEKERJAAN PERSIAPAN		
Pembersihan Lahan	28,56	m2
Pemasangan Bouwplank	8,00	titik
PEKERJAAN TANAH		
Galian Tanah Biasa Untuk Konstruksi Kembali	189,49	m3
Urugan Pasir Dipadatkan	2,21	m3
Urugan Tanah Kembali	57,90	m3
Pengangkutan Tanah 30 m	131,59	m3
PEKERJAAN BETON		
Pekerjaan Lantai Kerja	1,11	m3
Bekisting Lantai	4,92	m2
Pembetonan lantai	2,21	m3
Bekisting Dinding	32,80	m2

Uraian Pekerjaan	Volume	Satuan
Pembetonan Dinding	17,96	m3
Bekisting Atap	4,92	m2
Pembetonan Atap	2,21	m3
PEKERJAAN LAIN-LAIN		
Pemasangan Pipa Air Kotor dia. 4"	9,89	m
Pemasangan Pompa	1,00	buah
Pemasangan Tangga dia. 12 mm	10,00	buah
Pemasangan Tutup Manhole	2,00	buah
Pelapisan Waterproofing	54,40	m2

Sumber: Hasil Perhitungan, 2017

Tabel 6. 9 Rekap BOQ Sumur Pengumpul Wilayah 2

Uraian Pekerjaan	Volume	Satuan
PEKERJAAN PERSIAPAN		
Pembersihan Lahan	22,95	m2
Pemasangan Bouwplank	8,00	titik
PEKERJAAN TANAH		
Galian Tanah Biasa Untuk Konstruksi Kembali	97,46	m3
Urugan Pasir Dipadatkan	1,55	m3
Urugan Tanah Kembali	33,82	m3
Pengangkutan Tanah 30 m	63,64	m3
PEKERJAAN BETON		
Pekerjaan Lantai Kerja	0,77	m3
Bekisting Lantai	4,2	m2
Pembetonan lantai	1,55	m3
Bekisting Dinding	28,00	m2
Pembetonan Dinding	9,78	m3
Bekisting Atap	4,20	m2
Pembetonan Atap	1,55	m3
PEKERJAAN LAIN-LAIN		
Pemasangan Pipa Air Kotor dia. 4"	7,20	m
Pemasangan Pompa	1,00	buah
Pemasangan Tangga	10,00	buah
Pemasangan Tutup Manhole	2,00	buah

Uraian Pekerjaan	Volume	Satuan
Pelapisan Waterproofing	22,00	m2

Sumber: Hasil Perhitungan, 2017

Tabel 6. 10 Rekap BOQ Sumur Pengumpul Wilayah 3

Uraian Pekerjaan	Volume	Satuan
PEMBERSIHAN LAHAN	33,04	m2
Pemasangan Bouwplank	8,00	titik
Pagar Proyek		
PEKERJAAN TANAH		
Galian Tanah Biasa Untuk Konstruksi Kembali	204,70	m3
Urugan Pasir Dipadatkan	2,79	m3
Urugan Tanah Kembali	57,38	m3
Pengangkutan Tanah 30 m	147,32	m3
PEKERJAAN BETON		
Pekerjaan Lantai Kerja	1,40	m3
Pekerjaan Lantai	5,52	m2
Pekerjaan Bekisting	2,79	m3
Pekerjaan Pembetonan	36,80	m2
Pekerjaan Dinding	17,78	m3
Pekerjaan Bekisting	5,52	m2
Pekerjaan Pembetonan	2,79	m3
Pekerjaan Atap		
Pekerjaan Bekisting		
Pekerjaan Pembetonan		
PEKERJAAN LAIN-LAIN		
Pemasangan Pipa Air Kotor dia. 4"	9,02	m
Pemasangan Pompa	1,00	buah
Pemasangan Tangga	14,00	buah
Pemasangan Tutup Manhole	2,00	buah
Pelapisan Waterproofing	47,34	m2

Sumber: Hasil Perhitungan, 2017

Tabel 6. 11 Rekap BOQ Sumur Pengumpul Wilayah 4

Uraian Pekerjaan	Volume Alternatif 1	Volume Alternatif 2	Satuan
PEKERJAAN SUMUR PENGUMPUL DAN KOTAK DISTRIBUSI			
PEKERJAAN PERSIAPAN			
Pembersihan Lahan	35,38	35,38	m2
Pemasangan Bouwplank	8,00	8,00	titik
PEKERJAAN TANAH			
Galian Tanah Biasa Untuk Konstruksi Kembali	160,98	197,73	m3
Urugan Pasir Dipadatkan	3,09	3,09	m3
Urugan Tanah Kembali	44,06	53,80	m3
Pengangkutan Tanah 30 m	116,93	143,92	m3
PEKERJAAN BETON			
Pekerjaan Lantai Kerja	1,54	1,54	m3
Pekerjaan Lantai			
Pekerjaan Bekisting	5,76	5,76	m2
Pekerjaan Pembetonan	3,09	3,09	m3
Pekerjaan Dinding			
Pekerjaan Bekisting	38,40	38,40	m2
Pekerjaan Pembetonan	10,98	13,62	m3
Pekerjaan Atap			
Pekerjaan Bekisting	5,16	5,16	m2
Pekerjaan Pembetonan	2,47	2,47	m3
PEKERJAAN LAIN-LAIN			
Pemasangan Pipa Air Kotor dia. 4"	7,10	8,27	m
Pemasangan Pompa	1,00	1,00	buah
Pemasangan Tangga	10,00	12,00	m
Pemasangan Tutup Manhole	2,00	2,00	m2
Pelapisan Waterproofing		87,81	m2

Sumber: Hasil Perhitungan, 2017

6.3 BOQ ABR

Pekerjaan konstruksi IPALD meliputi pembersihan lahan, pemasangan bouwplank, pemasangan pagar, pekerjaan tanah, pekerjaan pondasi, pekerjaan struktur, dan lain-lain. Berikut merupakan contoh perhitungan BOQ IPALD

$$\begin{aligned} p_{ABR} &= 17 \text{ m} \\ l_{ABR} &= 4,3 \text{ m} \\ t_{ABR} &= 3,8 \text{ m} \end{aligned}$$

6.2.1 Pekerjaan Persiapan

C. Pembersihan Lahan

$$\begin{aligned} \text{Panjang} &= P_{ABR} + 3 \\ &= 17+3 \\ &= 20 \text{ m} \\ \text{Lebar} &= L_{ABR} + 3 \\ &= 4,3 +3 \\ &= 7,3 \text{ m} \\ \text{Volume} &= \text{Jumlah} \times p \times l \\ &= 1 \times 20 \times 7,3 \\ &= 146 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

D. Pemasangan Bouwplank

$$\text{Jumlah titik} = 16 \text{ titik}$$

E. Pemasangan Pagar

$$\begin{aligned} \text{Panjang} &= 2(P_{ABR} + 3 + L_{ABR} + 3) \\ &= 2(20+5) \\ &= 54,6 \text{ m} \end{aligned}$$

6.2.2 Pekerjaan Tanah

E. Penggalan Tanah

$$\begin{aligned} \text{Panjang (p)} &= P_{ABR} + 3/2 \\ &= 17+3/2 \\ &= 18,5 \text{ m} \\ \text{Lebar (l)} &= L_{ABR} + 3/2 \\ &= 4,3 +3/2 \\ &= 5,8 \text{ m} \\ \text{Tinggi (t)} &= t_{ABR} = \text{Tinggi air} + \text{freeboard} + \text{tinggi alas} \\ &\quad + \text{tinggi atap} + \text{tinggi pasir} \\ &= 3 + 0,35 + 0,2 + 0,15 + 0,1 \\ &= 3,8 \text{ m} \\ \text{Volume} &= \text{Jumlah} \times p \times l \times t \\ &= 1 \times 18,5 \times 5,8 \times 3,8 \\ &= 407,74 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

F. Pengangkatan Tanah > 1m

$$\text{Volume} = \text{Jumlah} \times p \text{ galian} \times l \text{ galian} \times (t \text{ galian} - 1)$$

$$= 1 \times 18,5 \times 5,8 \times 2,8$$

$$= 330,44 \text{ m}^3$$

G. Urugan tanah

$$\text{Volume} = \text{Volume galian tanah} - (p_{\text{ABR}} \times L_{\text{ABR}} \times t_{\text{ABR}})$$

$$= 407,74 - (17 \times 4,3 \times 3,8)$$

$$= 129,96 \text{ m}^3$$

6.2.3 Pekerjaan Pondasi

B. Pengurugan Pasir

$$\text{Volume} = p_{\text{ABR}} \times L_{\text{ABR}} \times t_{\text{pasir}}$$

$$= 17 \times 4,3 \times 0,1$$

$$= 7,31 \text{ m}^3$$

C. Pembuatan Lantai Kerja K-250

$$\text{Volume} = p_{\text{ABR}} \times L_{\text{ABR}} \times t_{\text{lantai kerja}}$$

$$= 17 \times 4,3 \times 0,05$$

$$= 3,66 \text{ m}^3$$

6.2.4 Pekerjaan Struktur

D. Pekerjaan beton dinding K-250

$$\begin{aligned} \text{Panjang dinding (p)} &= P_{\text{ABR}} \\ &= 17 \text{ m} \\ \text{Lebar dinding (l)} &= L_{\text{ABR}} - 2 \times \text{tebal} \\ &= 4,3 - 2 \times 0,15 \\ &= 4 \text{ m} \\ \text{Tebal dinding (t)} &= 0,15 \text{ m} \\ \text{Tinggi dinding (h)} &= t_{\text{ABR}} - t_{\text{atap}} - t_{\text{lantai}} - t_{\text{pasir}} \\ &= 3,8 - 0,15 - (0,15 + 0,05) - 0,1 \\ &= 3,35 \text{ m} \\ \text{Volume dinding} &= 2(p+l) \times t \times h \\ &= 2(17+4) \times 0,15 \times 3,35 \text{ m} \\ &= 21,11 \text{ m}^3 \\ \text{Tebal sekat downflow (td)} &= 0,15 \text{ m} \\ \text{Tinggi sekat downflow (hd)} &= 3,15 \text{ m} \\ \text{Tebal sekat upflow (tu)} &= 0,1 \text{ m} \\ \text{Tinggi sekat upflow (hu)} &= 2,85 \text{ m} \\ \text{Jumlah sekat} &= 6 \\ \text{Volume sekat} &= \text{Jumlah} \times l \times (td \times hd + tu \times hu) \\ &= 6 \times 4 \times (0,15 \times 3,15 + 0,1 \times 2,85) \\ &= 18,18 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Total volume beton} &= \text{Volume dinding} + \text{volume sekat} \\
 &= 21,11 + 18,18 \\
 &= 39,29 \text{ m}^3 \\
 \text{Bekisting dinding} &= 8 l + 2p \times \text{tinggi bekisting} \\
 &= (8 \times 4\text{m}) + (2 \times 17\text{m}) \times 1 \text{ m} \\
 &= 90 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

E. Beton lantai K-250

$$\begin{aligned}
 p &= p \text{ ABR} = 17 \text{ m} \\
 l &= l \text{ ABR} = 4,3 \text{ m} \\
 t &= 0,15 \text{ m} \\
 \text{Volume lantai} &= P \times l \times t \\
 &= 17 \times 4,3 \times 0,15 \\
 &= 10,97 \text{ m}^3 \\
 \text{Bekisting lantai} &= 2(pl) \times 0,2 \\
 &= 8,52 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

F. Beton atap K-250

$$\begin{aligned}
 p &= p \text{ ABR} = 17 \text{ m} \\
 l &= l \text{ ABR} = 4,3 \text{ m} \\
 t &= 0,15 \text{ m} \\
 \text{Volume lantai} &= P \times l \times t \\
 &= 17 \times 4,3 \times 0,15 \\
 &= 10,965 \text{ m}^3 \\
 \text{Bekisting lantai} &= 2(pl) \times 0,2 \\
 &= 8,52 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

6.2.5 Pekerjaan Lain – Lain

E. Pemasangan pipa air vent dia. 2"

$$\begin{aligned}
 P \text{ vent} &= 0,8 \text{ m} \\
 \text{Jumlah vent (n)} &= 7 \\
 \text{Total panjang} &= P \text{ vent} \times n \\
 \text{Volume lantai} &= 0,8 \times 1,2 \\
 &= 5,6 \text{ m}
 \end{aligned}$$

F. Asesoris pipa

$$\begin{aligned}
 \text{PVC Tee } 150 \times 150 &= 2 \text{ buah} \\
 \text{PVC dia. 6"} &= 1 \text{ m}
 \end{aligned}$$

G. Plat Tutup Manhole

$$\text{Jumlah manhole} = 7 \text{ buah}$$

Tabel 6. 12 Rekap BOQ ABR Wilayah 1

Uraian Pekerjaan	Volume	Satuan
A.Pekerjaan Persiapan		
1. Pembersihan Lahan	146,00	M ²
2. Pemasangan Bouwplank	16	Titik
3. Pemasangan Pagar	54,60	M
B.Pekerjaan Tanah		
1. Penggalian tanah biasa	407,74	M ³
2. Pengangkatan tanah kedalaman > 1m	300,44	M ³
3. Pengurugan tanah kembali	129,96	M ³
C.Pekerjaan Fondasi		
1.Pengurugan pasir (padat)	7,31	M ³
2.Beton Lantai kerja k-250	3,66	M ³
D. Pekerjaan Struktur		
1. Beton dinding k-250	39,29	M ³
2. Bekisting dinding	90	M ²
3. Beton Lantai K-250	10,97	M ³
4. Bekisting Lantai	8,52	M ²
5.Beton Atap	10,97	M ³
6. Bekisting Atap	8,52	M ²
E.Pekerjaan Lain- Lain		
1. Pipa vent	5,6	M
2.Asesoris pipa Tee dia. 6"	2	Buah
3.Pemasangan pipa dia.6"	1,5	M

Sumber: Hasil Perhitungan, 2017

Tabel 6. 13 Rekap BOQ ABR Wilayah 2

Uraian Pekerjaan	Volume	Satuan
A.Pekerjaan Persiapan		
1. Pembersihan Lahan	132,66	M ²
2. Pemasangan Bouwplank	16	Titik
3. Pemasangan Pagar	53	M
B.Pekerjaan Tanah		
1. Penggalian tanah biasa	352,09	M ³
2. Pengangkatan tanah kedalaman > 1m	256,93	M ³
3. Pengurugan tanah kembali	122,1	M ³
C.Pekerjaan Fondasi		
1.Pengurugan pasir (padat)	6,22	M ³
2.Beton Lantai kerja k-250	3,11	M ³
D. Pekerjaan Struktur		
1. Beton dinding k-250	34,64	M ³

2. Bekisting dinding	81,2	M ²
3. Beton Lantai K-250	9,32	M ³
4. Bekisting Lantai	8,2	M ²
5. Beton Atap	9,32	M ³
6. Bekisting Atap	8,2	M ²
E. Pekerjaan Lain- Lain		
1. Pipa vent	5,6	M
2. Asesoris pipa Tee dia. 6"	2	Buah
3. Pemasangan pipa dia. 6"	1,5	M

Sumber: Hasil Perhitungan, 2017

Tabel 6. 14 Rekap BOQ ABR Wilayah 3

Uraian Pekerjaan	Volume	Satuan
A. Pekerjaan Persiapan		
1. Pembersihan Lahan	142,74	M ²
2. Pemasangan Bouwplank	14	Titik
3. Pemasangan Pagar	52	M
B. Pekerjaan Tanah		
1. Penggalian tanah biasa	423,36	M ³
2. Pengangkatan tanah kedalam > 1m	317,52	M ³
3. Pengurugan tanah kembali	129,6	M ³
C. Pekerjaan Fondasi		
1. Pengurugan pasir (padat)	7,34	M ³
2. Beton Lantai kerja k-250	3,67	M ³
D. Pekerjaan Struktur		
1. Beton dinding k-250	39,26	M ³
2. Bekisting dinding	93,6	M ²
3. Beton Lantai K-250	11,02	M ³
4. Bekisting Lantai	8,04	M ²
5. Beton Atap	11,02	M ³
6. Bekisting Atap	8,04	M ²
E. Pekerjaan Lain- Lain		
1. Pipa vent	4,8	M
2. Asesoris pipa Tee dia. 6"	1,5	Buah
3. Pemasangan pipa dia. 6"	2	M

Sumber: Hasil Perhitungan, 2017

Tabel 6. 15 Rekap BOQ ABR Wilayah 4

Uraian Pekerjaan	Volume	Satuan
A.Pekerjaan Persiapan		
1. Pembersihan Lahan	138,99	M ²
2. Pemasangan Bouwplank	14	Titik
3. Pemasangan Pagar		51,5M
B.Pekerjaan Tanah		
1. Penggalian tanah biasa	400,18	M ³
2. Pengangkatan tanah kedalaman > 1m	297,57	M ³
3. Pengurugan tanah kembali	124,31	M ³
C.Pekerjaan Fondasi		
1.Pengurugan pasir (padat)	7,07	M ³
2.Beton Lantai kerja k-250	3,54	M ³
D. Pekerjaan Struktur		
1. Beton dinding k-250	37,35	M ³
2. Bekisting dinding	91,7	M ²
3. Beton Lantai K-250	10,61	M ³
4. Bekisting Lantai	7,9	M ²
5.Beton Atap	10,61	M ³
6. Bekisting Atap	7,9	M ²
E.Pekerjaan Lain- Lain		
1. Pipa vent	4,8	M
2.Asesoris pipa Tee dia. 6"	2	Buah
3.Pemasangan pipa dia.6"	1,5	M

Sumber: Hasil Perhitungan, 2017

6.3 RAB

Setelah diperoleh hasil perhitungan volume pekerjaan untuk perencanaan SPALD dan IPALD ini , maka perhitungan anggaran biaya yang diperlukan dapat dilakukan. Perhitungan biaya mengacu pada Harga Satuan Pokok Kegiatan (HSPK) Kota Surabaya tahun 2017. Nilai HSPK dilampirkan pada lampiran B. Hasil perhitungan RAB dapat dilihat pada Tabel 6.16 – 6.19

6.4 Operasional dan Perawatan

Operasional dan perawatan sistem SPALD dan IPAD meliputi pengurusan IPALD dan penggelontoran manhole berkala, tenaga operasional sistem dan operasional mencakup listrik pompa. Biaya operasional dan perawatan ditentukan per

tahun kemudian diasumsikan terjadi kenaikan harga sebesar 3,5% setiap tahunnya di Kabupaten Sidoarjo. Berikut merupakan uraian perhitungan biaya operasional dan perawatan.

A. Tenaga Operasional

Tenaga Operator	= 2 orang
Hari kerja	= 15 hari / orang bulan
Upah	= 1.750.000 / orang bulan
Upah /tahun	= 1.750.000 x 2 x 12
	= Rp 42.000.000,00

B. Pengurasan

Periode pengurasan	= 2 tahun
Biaya kuras	= Rp 420.000,- per kuras
Biaya kuras per tahun	= 420.000 / 2
	=Rp 210.000,-

A. Listrik Pompa

Biaya pompa wilayah 1	
Daya pompa	= 5,5 kWh
Jam operasional	= 24 jam
Jumlah pompa	= 1
Kebutuhan Listrik	= Jumlah pompa x Jam x Daya
	= 1 x 24 x 5,5
	= 132 kWh/hari
Biaya listrik / kWh	= Rp 1.1352,00
Biaya listrik / tahun	= Biaya listrik / kWh x 365 x Kebutuhan listrik
	= 1.1352 x 365 x 132
	= Rp 65.139.360,00

B. Penggelontoran Manhole

Frekuensi gelontor	= 1 kali 1 bulan
Debit gelontor wilayah1, pipa h2-h	
Vmin	= 0,5 m/detik
Diameter	= 0,1 m
pipa	
Slope	= 0,0054
Qfull cek	= $0,3117 / n D^{8/3} S^{1/2}$
	= $0,3117 / 0,01 \times (0,1)^{8/3} \times (0,0054)^{1/2}$
	= 0,0049 m ³ /detik
Afull	= $\frac{1}{4} \times \pi D^2$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{1}{4} \times 3,14 \times 0,1^2 \\
 &= 0,0079 \text{ m}^2 \\
 v/V &= V_{\min} / (Q_{\text{full cek}}/A_{\text{full}}) \\
 &= 0,5 / (0,0049/0,0079) \\
 &= 0,8 \\
 d/D \text{ cek} &= 0,315 \text{ (dari Gambar 2.3); } d/D > 0,2 \text{ maka} \\
 &\text{memenuhi kriteria desain. Apabila } d/D < 0,2 \\
 &\text{maka digunakan } d/D_0,2 \text{ untuk langkah} \\
 &\text{selanjutnya} \\
 Q_{\min}/Q_{\text{full}} &= 0,219 \\
 Q_{\min} &= 0,219 \times 0,0049 \\
 &= 0,001073 \text{ m}^3/\text{detik} \\
 Q_{\text{rata-rata}} &= 2 Q_{\min} \\
 &= 2 \times 0,001073 \\
 &= 0,002146 \\
 \text{Faktor} &= 3,34 \\
 \text{puncak} & \\
 Q \text{ gelontor} &= Q_{\text{rata-rata}} \times \text{faktor puncak} \\
 &= 0,0072 \text{ m}^3/\text{detik} \\
 \text{Waktu} &= 5 \text{ menit} \\
 \text{gelontor} & \\
 &= 300 \text{ detik} \\
 \text{Volume} &= 2,16 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

Hasil perhitungan volume gelontor dapat dilihat pada lampiran B.

Debit gelontor wilayah 1 = 33,15 m³/bulan

Debit gelontor wilayah 2 = 12,40 m³/bulan

Debit gelontor wilayah 3 = 35,62 m³/bulan

Debit gelontor wilayah 4 = 62,87 m³/bulan

Harga per kubik = Rp 10.000,00

Biaya per tahun wil.1 = 33,15 x 12 x 10.000

= Rp 3.978.000,00 / tahun

Berikut merupakan rekap perhitungan biaya operasional untuk masing-masing wilayah. Adapun dalam Tabel 6.20 dan Tabel 6.21 berikut dapat dilihat perbandingan biaya operasional alternatif 1 dan 2.

Tabel 6. 16 RAB SPALD Wilayah 1

Uraian Pekerjaan	Volume	Satuan	Harga Satuan (Rp)	Total Harga (Rp)
PEKERJAAN SPALD				
PEKERJAAN PERSIAPAN				
Pembongkaran Paving Dipakai Kembali	1.266,74	m2	7.900	10.007.246
Sub Total Pekerjaan Persiapan				10.007.246
PEKERJAAN TANAH				
Galian Tanah Biasa Untuk Konstruksi Kembali	6.819,98	m3	90.325	616.014.694
Urugan Pasir Dipadatkan	1.206,35	m3	260.770	314.579.890
Urugan Tanah Kembali	5.553,24	m3	44.930	249.507.073
Pengangkutan Tanah keluar Proyek	1.266,74	m3	46.725	59.188.427
Sub Total Pekerjaan Tanah				1.239.290.083
PEKERJAAN BETON				
Bedding Pipa	21,15	m3	1.043.094	22.065.246
Manhole	92,45	m3	1.160.528	107.290.970
Sub Total Pekerjaan Beton				129.356.216
PEKERJAAN LAIN-LAIN				
Pemasangan Pipa Air Kotor dia. 4"	4.910,00	m	90.295	443.348.450
Pemasangan Pipa Air Kotor dia. 6"	1.013,00	m	153.515	155.510.695
Pemasangan Pipa Air Kotor dia. 10"	463,00	m	389.630	180.398.690

Uraian Pekerjaan	Volume	Satuan	Harga Satuan (Rp)	Total Harga (Rp)
Pemasangan Paving	1.266,74	m2	19.900	25.208.126
Pemasangan Pompa	1,00	buah	7.280.000	7.280.000
Sub Total Pekerjaan Lain-Lain				811.745.961
Sub Total Pekerjaan SPALD Wilayah 1				2.190.399.505
PEKERJAAN SUMUR PENGUMPUL DAN KOTAK DISTRIBUSI				
PEKERJAAN PERSIAPAN				
Pembersihan Lahan	28,56	m2	120.216	3.433.369
Pemasangan Bouwplank	8,00	titik	108.605,00	868.840,00
Sub Total Pekerjaan Persiapan				4.302.209
PEKERJAAN TANAH				
Galian Tanah Biasa Untuk Konstruksi Kembali	189,49	m3	90.325	17.115.684
Urugan Pasir Dipadatkan	2,21	m3	260.770	576.302
Urugan Tanah Kembali	57,90	m3	44.930	2.601.491
Pengangkutan Tanah 30 m	131,59	m3	39.580	5.208.293
Sub Total Pekerjaan Tanah				25.501.770
PEKERJAAN BETON				
Pekerjaan Lantai Kerja	1,11	m3	1.160.528	1.282.383
Bekisting Lantai	4,92	m2	387.813	1.908.040
Pembetonan lantai	2,21	m3	1.160.528	2.564.767
Bekisting Dinding	32,80	m2	387.813	12.720.266
Pembetonan Dinding	17,96	m3	1.160.528	20.841.922

Uraian Pekerjaan	Volume	Satuan	Harga Satuan (Rp)	Total Harga (Rp)
Bekisting Atap	4,92	m2	387.813	1.908.040
Pembetonan Atap	2,21	m3	1.160.528	2.564.767
Sub Total Pekerjaan Beton				43.790.186
PEKERJAAN LAIN-LAIN				
Pemasangan Pipa Air Kotor dia. 4"	9,89	m	90.295	893.198
Pemasangan Pompa	1,00	buah	7.280.000	7.280.000
Pemasangan Tangga dia. 12 mm	10,00	buah	32.068	320.680
Pemasangan Tutup Manhole	2,00	buah	239029	478.058
Pelapisan Waterproofing	54,40	m2	61.090	3.323.223
Sub Total Pekerjaan Lain-Lain				12.295.159
Sub Total Pekerjaan Sumur Pengumpul dan Kotak Distribusi Wilayah 1				85.889.324
PEKERJAAN IPALD				
PEKERJAAN PERSIAPAN				
Pembersihan Lahan	146,00	m2	9.825	1.434.450
Pengukuran + Bouwplank	16,00	titik	108.065	1.729.040
Sub Total Pekerjaan Persiapan				3.163.490
PEKERJAAN TANAH				
Penggalan Tanah Biasa untuk Konstruksi	407,74	m3	90.325	36.829.116
Urugan Pasir Dipadatkan	7,31	m3	260.770	1.906.229
Urugan Tanah Kembali	129,96	m3	14.827	1.926.917
Pengangkutan Tanah Sejauh 30	277,78	m3	39.580	10.994.532

Uraian Pekerjaan	Volume	Satuan	Harga Satuan (Rp)	Total Harga (Rp)
Meter				
Sub Total Pekerjaan Tanah				51.656.794
PEKERJAAN BETON				
Pekerjaan lantai kerja	3,66	m3	1.160.528	4.247.534
Bekisting Lantai	8,52	m2	387.813	3.304.167
Pembetonan Lantai	10,97	m3	1.160.528	12.730.996
Beksiting Dinding	90,00	m2	387.813	34.903.170
Pembetonan Dinding	39,29	m3	1.160.528	45.591.357
Bekisting Atap	8,52	m2	387.813	3.304.167
Pembetonan Atap	10,97	m3	1.160.528	12.730.996
Sub Total Pekerjaan Beton				116.812.386
PEKERJAAN LAIN-LAIN				
Pemasangan pipa vent galvanis 2"	5,60	m	484.992	2.715.955
Pemasangan pipa air limbah dia. 6"	1,50	m	153.515	230.273
Accecoris Pipa (Tee, socket dll)	2,00	buah	190.802	381.604
Sub Total Pekerjaan Lain-Lain				3.327.832
SUB TOTAL PEKERJAAN IPAL (1 unit)				174.960.502
SUB TOTAL PEKERJAAN IPAL (3 unit)				524.881.505
Total Biaya Pembangunan Wilayah 1				2.801.170.335

Sumber: Hasil Perhitungan, 2017

Tabel 6. 17 RAB SPALD Wilayah 2

Uraian Pekerjaan	Volume	Satuan	Harga Satuan (Rp)	Total Harga (Rp)
PEKERJAAN SPAL				
PEKERJAAN PERSIAPAN				
Pembongkaran Paving Dipakai Kembali	1.370,05	m2	7.900	10.823.395
Sub Total Pekerjaan Persiapan				10.823.395
PEKERJAAN TANAH				
Galian Tanah Biasa Untuk Konstruksi Kembali	1.980,98	m3	90.325	178.932.019
Urugan Pasir Dipadatkan	219,14	m3	260.770	57.145.138
Urugan Tanah Kembali	1.043,85	m3	44.930	46.900.181
Pengangkutan Tanah keluar Proyek	1.043,85	m3	46.725	48.773.891
Sub Total Pekerjaan Tanah				331.751.228
PEKERJAAN BETON				
Bedding Pipa	12,65	m3	1.043.094	13.198.120
Manhole	37,36	m3	1.160.528	43.355.006
Sub Total Pekerjaan Beton				56.553.126
PEKERJAAN LAIN-LAIN				
Pemasangan Pipa Air Kotor dia. 4"	2.091,00	m	90.295	188.806.845
Pemasangan Pipa Air Kotor dia. 6"	461,00	m	153.515	70.770.415
Pemasangan Paving	1.370,05	m2	19.900	27.263.995
Pemasangan Pompa	-	buah	7.280.000	-

Uraian Pekerjaan	Volume	Satuan	Harga Satuan (Rp)	Total Harga (Rp)
Sub Total Pekerjaan Lain-Lain				286.841.255
Sub Total Pekerjaan SPAL Wilayah 2				678.186.124
PEKERJAAN SUMUR PENGUMPUL DAN KOTAK DISTRIBUSI				
PEKERJAAN PERSIAPAN				
Pembersihan Lahan	22,95	m2	120.216	2.758.957
Pemasangan Bouwplank	8,00	titik	108.605	868.840
Sub Total Pekerjaan Persiapan				3.627.797
PEKERJAAN TANAH				
Galian Tanah Biasa Untuk Konstruksi Kembali	97,46	m3	90.325	8.802.752
Urugan Pasir Dipadatkan	1,55	m3	260.770	403.933
Urugan Tanah Kembali	33,82	m3	44.930	1.519.467
Pengangkutan Tanah 30 m	63,64	m3	39.580	2.518.788
Sub Total Pekerjaan Tanah				13.244.940
PEKERJAAN BETON				
Pekerjaan Lantai Kerja	0,77	m3	1.160.528	898.829
Bekisting Lantai	4,2	m2	387.813	1.628.815
Pembetonan lantai	1,55	m3	1.160.528	1.797.658
Bekisting Dinding	28,00	m2	387.813	10.858.764
Pembetonan Dinding	9,78	m3	1.160.528	11.354.026
Bekisting Atap	4,20	m2	387.813	1.628.815
Pembetonan Atap	1,55	m3	1.160.528	1.797.658

Uraian Pekerjaan	Volume	Satuan	Harga Satuan (Rp)	Total Harga (Rp)
Sub Total Pekerjaan Beton				29.964.564
PEKERJAAN LAIN-LAIN				
Pemasangan Pipa Air Kotor dia. 4"	7,20	m	90.295	649.814
Pemasangan Pompa	1,00	buah	7.280.000	7.280.000
Pemasangan Tangga	10,00	buah	32.068	320.680
Pemasangan Tutup Manhole	2,00	buah	239029	478.058
Pelapisan Waterproofing	22,00	m2	61.090	1.344.094
Sub Total Pekerjaan Lain-Lain				10.072.646
Sub Total Pekerjaan Sumur Pengumpul dan Kotak Distribusi Wilayah 2				56.909.947
PEKERJAAN IPAL				
PEKERJAAN PERSIAPAN				
Pembersihan Lahan	132,66	m2	9.825	1.303.385
Pengukuran + Bouwplank	16,00	titik	108.065	1.729.040
Sub Total Pekerjaan Persiapan				3.032.425
PEKERJAAN TANAH				
Penggalian Tanah Biasa untuk Konstruksi	352,09	m3	90.325	31.802.710
Urugan Pasir Dipadatkan	6,22	m3	260.770	1.620.946
Urugan Tanah Kembali	122,10	m3	14.827	1.810.377
Pengangkutan Tanah Sejauh 30 Meter	229,99	m3	39.580	9.103.083
Sub Total Pekerjaan Tanah				35.234.033

Uraian Pekerjaan	Volume	Satuan	Harga Satuan (Rp)	Total Harga (Rp)
PEKERJAAN BETON				
Pekerjaan lantai kerja t=5cm, K-250				
Pekerjaan Pembetonan	3,11	m3	1.160.528	3.609.243
Pekerjaan beton lantai t=15 cm, K-250	8,20	m2	387.813	3.180.067
Pekerjaan Pembetonan	9,32	m3	1.160.528	10.816.124
Pekerjaan Pembesian	81,20	m2	387.813	31.490.416
Pekerjaan beton dinding t=15 cm, K-250	34,64	m3	1.160.528	40.198.381
Pekerjaan Pembetonan	8,20	m2	387.813	3.180.067
Pekerjaan Bekisting	9,32	m3	1.160.528	10.816.124
Sub Total Pekerjaan Beton				103.290.422
PEKERJAAN LAIN-LAIN				
Pemasangan pipa vent galvanis 2"	5,60	m	484.992	2.715.955
Pemasangan pipa air limbah dia. 4"	1,50	m	90.295	135.442
Accecoris Pipa (Tee, socket dll)	2,00	buah	122.932	245.864
Sub Total Pekerjaan Lain-Lain				3.097.261
SUB TOTAL PEKERJAAN IPAL (1 unit)				144.654.141
SUB TOTAL PEKERJAAN IPAL (2 unit)				289.308.282
TOTAL BIAYA PEKERJAAN WILAYAH 2				1.023.060.258

Sumber: Hasil Perhitungan, 2017

Tabel 6. 18 RAB SPALD Wilayah 3

Uraian Pekerjaan	Volume	Satuan	Harga Satuan (Rp)	Total Harga (Rp)
PEKERJAAN SPAL				
PEKERJAAN PERSIAPAN				
Pembongkaran Paving Dipakai Kembali	2.086,20	m2	7.900	16.480.980
Sub Total Pekerjaan Persiapan				16.480.980
PEKERJAAN TANAH				
Galian Tanah Biasa Untuk Konstruksi Kembali	5.466,74	m3	90.325	493.783.291
Urugan Pasir Dipadatkan	1.141,45	m3	260.770	297.655.917
Urugan Tanah Kembali	4.251,64	m3	44.930	191.026.185
Pengangkutan Tanah keluar Proyek	1.215,10	m3	46.725	56.775.548
Sub Total Pekerjaan Tanah				1.039.240.940
PEKERJAAN BETON				
Bedding Pipa	34,53	m3	1.043.094	36.019.760
Manhole	130,67	m3	1.160.528	151.648.140
Sub Total Pekerjaan Beton				187.667.900
PEKERJAAN LAIN-LAIN				
Pasang Pipa Air Kotor dia. 4"	5.423,00	m	90.295	489.669.785
Pasang Pipa Air Kotor dia. 6"	272,00	m	153.515	41.756.080
Pasang Pipa Air Kotor dia. 8"	381,00	m	247.961	94.473.141
Pasang Paving	2.086,20	m2	19.900	41.515.380
Pasang Pompa	71,00	buah	7.280.000	516.880.000

Uraian Pekerjaan	Volume	Satuan	Harga Satuan (Rp)	Total Harga (Rp)
Sub Total Pekerjaan Lain-Lain				1.184.294.386
Sub Total Pekerjaan SPAL Wilayah 3				2.427.684.206
PEKERJAAN SUMUR PENGUMPUL DAN KOTAK DISTRIBUSI				
Pembersihan Lahan	33,04	m2	120.216	3.971.937
Pemasangan Bouwplank	8,00	titik	108.605	868.840
Sub Total Pekerjaan Persiapan				4.840.777
PEKERJAAN TANAH				
Galian Tanah Biasa Untuk Konstruksi Kembali	204,70	m3	90.325	18.489.535
Urugan Pasir Dipadatkan	2,79	m3	260.770	728.070
Urugan Tanah Kembali	57,38	m3	44.930	2.578.108
Pengangkutan Tanah 30 m	147,32	m3	39.580	5.830.907
Sub Total Pekerjaan Tanah				27.626.620
PEKERJAAN BETON				
Pekerjaan Lantai Kerja	1,40	m3	1.160.528	1.620.097
Pekerjaan Lantai	5,52	m2	387.813	2.140.728
Pekerjaan Bekisting	2,79	m3	1.160.528	3.240.194
Pekerjaan Pembetonan	36,80	m2	387.813	14.271.518
Pekerjaan Dinding	17,78	m3	1.160.528	20.633.027
Pekerjaan Bekisting	5,52	m2	387.813	2.140.728
Pekerjaan Pembetonan	2,79	m3	1.160.528	3.240.194
Sub Total Pekerjaan Beton				47.286.487

Uraian Pekerjaan	Volume	Satuan	Harga Satuan (Rp)	Total Harga (Rp)
PEKERJAAN LAIN-LAIN				
Pemasangan Pipa Air Kotor dia. 4"	9,02	m	90.295	814.693
Pemasangan Pompa	1,00	buah	7.280.000	7.280.000
Pemasangan Tangga	14,00	buah	32.068	448.952
Pemasangan Tutup Manhole	2,00	buah	239029	478.058
Pelapisan Waterproofing	47,34	m2	61.090	2.891.710
Sub Total Pekerjaan Lain-Lain				11.913.413
Sub Total Pekerjaan Sumur Pengumpul dan Kotak Distribusi Wilayah 3				91.667.296
PEKERJAAN IPAL				
PEKERJAAN PERSIAPAN				
Pembersihan Lahan	142,74	m2	9.825	1.402.421
	14,00	titik	108.065	1.512.910
Pengukuran + Bouwplank				
Pagar Proyek	52,20	m	518.299	
Sub Total Pekerjaan Persiapan				2.915.331
PEKERJAAN TANAH				
Penggalan Tanah Biasa untuk Konstruksi	423,36	m3	90.325	38.239.992
Urugan Pasir Dipadatkan	7,34	m3	260.770	1.915.095
Urugan Tanah Kembali	129,60	m3	14.827	1.921.579
Pengangkutan Tanah Sejauh 30 Meter	293,76	m3	39.580	11.627.021

Uraian Pekerjaan	Volume	Satuan	Harga Satuan (Rp)	Total Harga (Rp)
Sub Total Pekerjaan Tanah				42.076.666
PEKERJAAN BETON				
Pekerjaan lantai kerja t=5cm, K-250				
Pekerjaan Pembetonan	3,67	m3	1.160.528	4.259.139
Pekerjaan beton lantai t=15 cm, K-250	8,04	m2	387.813	3.118.017
Pekerjaan Pembetonan	11,02	m3	1.160.528	12.789.023
Pekerjaan Pembesian	93,60	m2	387.813	36.299.297
Pekerjaan beton dinding t=15 cm, K-250	39,26	m3	1.160.528	45.557.411
Pekerjaan Pembetonan	8,04	m2	387.813	3.118.017
Pekerjaan Bekisting	11,02	m3	1.160.528	12.789.023
Sub Total Pekerjaan Beton				117.929.925
PEKERJAAN LAIN-LAIN				
Pemasangan pipa vent galvanis 2"	4,80	m	484.992	2.327.962
Pemasangan pipa air limbah dia. 6"	1,50	m	153.515	230.273
Accecoris Pipa (Tee, socket dll)	2,00	buah	190.802	381.604
Sub Total Pekerjaan Lain-Lain				2.939.839
SUB TOTAL PEKERJAAN IPAL (1 unit)				165.861.760
SUB TOTAL PEKERJAAN IPAL (3 unit)				497.585.281
Total Biaya Pekerjaan Wilayah 3				3.016.936.783

Sumber: Hasil Perhitungan, 2017

Tabel 6. 19 RAB SPALD Wilayah 4

Uraian Pekerjaan	Volume	Satuan	Harga Satuan (Rp)	Total Harga (Rp)
PEKERJAAN SPAL				
PEKERJAAN PERSIAPAN				
Pembongkaran Paving Dipakai Kembali	-	m2	7.900	-
Sub Total Pekerjaan Persiapan				-
PEKERJAAN TANAH				
Galian Tanah Biasa Untuk Konstruksi Kembali	8.001,57	m3	90.325	722.741.810
Urugan Pasir Dipadatkan	1.645,39	m3	260.770	429.068.350
Urugan Tanah Kembali	6.281,53	m3	44.930	282.229.143
Pengangkutan Tanah keluar Proyek	1.720,04	m3	46.725	80.368.869
Sub Total Pekerjaan Tanah				1.514.408.172
PEKERJAAN BETON				
Bedding Pipa	36,78	m3	1.043.094	38.369.394
Manhole	135,93	m3	1.160.528	157.754.017
Sub Total Pekerjaan Beton				196.123.411
PEKERJAAN LAIN-LAIN				
Pemasangan Pipa Air Kotor dia. 4"	7.899,00	m	90.295	713.240.205
Pemasangan Pipa Air Kotor dia. 6"	434,00	m	153.515	66.625.510
Pemasangan Pipa Air Kotor dia. 8"	-	m	247.961	-
Pemasangan Pipa Air Kotor dia. 10"	101,00	m	389.630	39.352.630

Uraian Pekerjaan	Volume	Satuan	Harga Satuan (Rp)	Total Harga (Rp)
Pemasangan Pipa Air Kotor dia. 12"	-	m	535.228	-
Pemasangan Paving	-	m2	19.900	-
Pemasangan Pompa	-	buah	7.280.000	-
Sub Total Pekerjaan Lain-Lain				819.218.345
Sub Total Pekerjaan SPAL Wilayah 4				2.529.749.928
PEKERJAAN SUMUR PENGUMPUL DAN KOTAK DISTRIBUSI				
Pembersihan Lahan	37,20	m2	120.216	4.472.035
Pemasangan Bouwplank	8,00	titik	108.605	868.840
Pagar Proyek				
Sub Total Pekerjaan Persiapan				5.340.875
PEKERJAAN TANAH				
Galian Tanah Biasa Untuk Konstruksi Kembali	277,17	m3	90.325	25.035.133
Urugan Pasir Dipadatkan	3,34	m3	260.770	871.233
Urugan Tanah Kembali	72,51	m3	44.930	3.257.864
Pengangkutan Tanah 30 m	204,66	m3	39.580	8.100.344
Sub Total Pekerjaan Tanah				37.264.573
PEKERJAAN BETON				
Pekerjaan Lantai Kerja	1,67	m3	1.160.528	1.938.662
Pekerjaan Lantai	6	m2	387.813	2.326.878
Pekerjaan Bekisting	3,34	m3	1.160.528	3.877.324
Pekerjaan Pembetonan	40,00	m2	387.813	15.512.520

Uraian Pekerjaan	Volume	Satuan	Harga Satuan (Rp)	Total Harga (Rp)
Pekerjaan Dinding	22,94	m3	1.160.528	26.616.710
Pekerjaan Bekisting	6,00	m2	387.813	2.326.878
Pekerjaan Pembetonan	3,34	m3	1.160.528	3.877.324
Pekerjaan Atap				-
Pekerjaan Bekisting				
Pekerjaan Pembetonan				
				56.476.296
PEKERJAAN LAIN-LAIN				
Pemasangan Pipa Air Kotor dia. 4"	10,23	m	90.295	924.079
Pemasangan Pompa	1,00	buah	7.280.000	7.280.000
Pemasangan Tangga	17,00	buah	32.068	545.156
Pemasangan Tutup Manhole	2,00	buah	239029	478.058
Pelapisan Waterproofing	77,68	m2	61.090	4.745.471
Sub Total Pekerjaan Lain-Lain				13.972.764
Sub Total Pekerjaan Sumur Pengumpul dan Kotak Distribusi Wilayah 4				113.054.508
PEKERJAAN IPAL				
PEKERJAAN PERSIAPAN				
Pembersihan Lahan	138,99	m2	9.825	1.365.528
Pengukuran + Bouwplank	14,00	titik	108.065	1.512.910
Pagar Proyek	51,50	m	518.299	26.692.399
Sub Total Pekerjaan Persiapan				29.570.836

Uraian Pekerjaan	Volume	Satuan	Harga Satuan (Rp)	Total Harga (Rp)
PEKERJAAN TANAH				
Penggalian Tanah Biasa untuk Konstruksi	400,18	m3	90.325	36.146.168
Urugan Pasir Dipadatkan	7,07	m3	260.770	1.844.557
Urugan Tanah Kembali	124,31	m3	14.827	1.843.181
Pengangkutan Tanah Sejauh 30 Meter	275,87	m3	39.580	10.918.796
Sub Total Pekerjaan Tanah				56.249.546
PEKERJAAN BETON				
Pembetonan Lantai Kerja	3,54	m3	1.160.528	4.108.270
Pembetonan Lantai	10,61	m3	1.160.528	12.313.206
Bekisting Lantai	7,90	m2	387.813	3.063.723
Pembetonan Dinding	37,35	m3	1.160.528	43.340.802
Pekerjaan Bekisting Dinding	91,70	m2	387.813	35.562.452
Pembetonan Atap	10,61	m3	1.160.528	12.313.206
Bekisting Atap	7,90	m2	387.813	3.063.723
Sub Total Pekerjaan Beton				113.765.382
PEKERJAAN LAIN-LAIN				
Pemasangan pipa vent galvanis 2"	4,80	m	484.992	2.327.962
Pemasangan pipa air limbah dia. 6"	1,50	m	153.515	230.273
	2,00	buah	122.932	245.864

Tabel 6. 20 Biaya Operasional dan Perawatan

Uraian	Biaya Operasional dan Pemeliharaan			
	Wilayah 1	Wilayah 2	Wilayah 3	Wilayah 4
Tenaga Kerja				
Operator	2	2	2	2
Hari kerja / orang bulan	15	15	15	15
Upah (Rp/orang bulan)	1.750.000	1.750.000	1.750.000	1.750.000
Sub total biaya tenaga kerja (Rp/tahun)	42.000.000	42.000.000	42.000.000	42.000.000
Pengurasan IPALD				
Frekuensi kuras	2 tahun 1 kali	2 tahun 1 kali	2 tahun 1 kali	2 tahun 1 kali
Biaya per kuras	420.000	420.000	420.000	420.000
Biaya per tahun	210.000	210.000	210.000	210.000
Operasional Pompa				
Daya listrik	5,5	3,7	5,5	7,5
Jam operasional	24	24	24	24
Jumlah Pompa	1	1	1	1
Kebutuhan listrik (kWh)	132	89	132	180
Harga/kWh	1.352	1.352	1.352	1.352
Biaya per tahun	65.139.360	43.821.024	65.139.360	88.826.400
Penggelontoran				
Frekuensi gelontor	1 bulan 1kali	1 bulan 1kali	1 bulan 1kali	1 bulan 1kali
Debit gelontor (m ³ /bulan)	33,15	12,40	35,62	62,87
Biaya per m ³	10.000	10.000	10.000	10.000
Biaya per tahun	3.978.000	1.488.000	4.274.400	7.544.400
Laju kenaikan Harga per tahun	5,4%	5,4%	5,4%	5,4%

Uraian	Biaya Operasional dan Pemeliharaan			
	Wilayah 1	Wilayah 2	Wilayah 3	Wilayah 4
Total Biaya				
Tahun 1 (Rp/tahun)	111.327.360	87.519.024	111.623.760	138.580.800
Tahun 2 (Rp/tahun)	117.318.999	92.229.298	117.631.351	146.039.219
Tahun 3 (Rp/tahun)	123.633.107	97.193.079	123.962.270	153.899.049
Tahun 4 (Rp/tahun)	130.287.041	102.424.010	130.633.919	162.181.896
Tahun 5 (Rp/tahun)	137.299.089	107.936.470	137.664.637	170.910.526

Sumber: Hasil Perhitungan, 2017

“Halaman ini sengaja dikosongkan.”

BAB 7

KESIMPULAN

7.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dari perencanaan ini adalah sebagai berikut:

1. Keluarga dengan perilaku BABS di wilayah perencanaan tersebar acak. Oleh karena itu, perencanaan pelayanan tidak bisa hanya memprioritaskan keluarga dengan perilaku BABS saja. Rencana lokasi IPALD dapat diadakan pada lapangan dan persawahan di tanah kas desa masing-masing wilayah perencanaan.
2. Hasil perhitungan SPALD menunjukkan, panjang SPALD memiliki rentang 2.552 m – 8.864 m pada wilayah 1 – 4 dengan diameter pipa berukuran antara 100mm -300mm. Kedalaman galian bervariasi mulai 0,85 m – 3,96 m.
3. Hasil perhitungan IPALD menunjukkan, diperlukan 2-3 unit ABR untuk masing-masing wilayah. Rentang dimensi ABR mencakup lebar 3,4 – 4,5 m; panjang 17,2 – 14,5 m; dan tinggi bangunan 3,4 – 3,7 m. Jumlah kompartemen ABR bervariasi antara 5-6 ruang per unit ABR.
4. Kebutuhan biaya pembangunan bervariasi antara Rp 1.023.060.258,- hingga Rp 3.016.936.783,- Sementara itu, kebutuhan biaya operasional bervariasi antara Rp 87.519.024,- hingga Rp 138.580.800. Biaya operasional di tahun ke-5 mencapai Rp 107.936.470,- hingga Rp 170.910.526,-

7.2 Saran

Perlunya verifikasi dengan data primer terkait konsentrasi dan debit perencanaan apabila perencanaan akan diimplementasikan.

“Halaman ini sengaja dikosongkan.”

DAFTAR PUSTAKA

- Adi, H. P. 2016. **Perancangan Ulang Instalasi Pengolahan Air Limbah Domestik dengan Proses Anaerobic Baffled Reactor dan Anaerobic Filter**. Surabaya: Skripsi ITS.
- Amen, R., Buehler, P., Doringo, B., Fernandez, E., Grossman, D., Hireish, I., Moua, C., Nguyen, H., Pang, S., Phung, T., Qawasmi, N., Quach, M., Salvini, B., Shamoan, J., VanderSchaff, R. 2013. **Sewer Design Guide**. San Diego: City of San Diego Public Utilities Department.
- Anonim. 2017. **Ebara Submersible Sewage Pump**, <URL: <http://www.lukesindonesia.com/katalog-ebara-pump-2/>>
- Anonim. 2017. **Iklim Krian**, <URL: <https://id.climate-data.org/location/977154/>>
- Anonim. 2016. **Laporan ODF Kecamatan Krian**, URL: <http://stbm-indonesia/pelatihan/index.php/>.
- Badan Penanggulangan Bencana Daerah Provinsi Jawa Timur. 2017. **Laporan Harian Bencana**, URL: <http://files.bpbddjatimprov.go.id/?dir=LAPHAR>
- Badan Perencanaan Pembangunan Daerah Kabupaten Sidoarjo. 2009. **Rencana Tata Ruang dan Wilayah Kabupaten Sidoarjo 2009 – 2029**. Sidoarjo
- Badan Perencanaan Pembangunan Nasional. 2014. **Dukungan STBM dalam Pencapaian Target Universal Access**. Jakarta: KeMenterian Perencanaan Pembangunan Nasional/Badan Perencanaan Pembangunan Nasional.
- Badan Pusat Statistik (BPS) Kabupaten Sidoarjo. 2017. **Kabupaten Sidoarjo Dalam Angka**. Gresik: BPS Kabupaten Sidoarjo.
- Badan Pusat Statistik (BPS) Kabupaten Sidoarjo. 2016. **Kecamatan Krian Dalam Angka**. Gresik: BPS Kabupaten Sidoarjo.
- Badan Pusat Statistik (BPS) Kabupaten Sidoarjo. 2015. **Kecamatan Krian Dalam Angka**. Gresik: BPS Kabupaten Sidoarjo.
- Badan Pusat Statistik (BPS) Kabupaten Sidoarjo. 2014. **Kecamatan Krian Dalam Angka**. Gresik: BPS Kabupaten Sidoarjo.

- Badan Pusat Statistik (BPS) Kabupaten Sidoarjo. 2013. **Kecamatan Krian Dalam Angka**. Gresik: BPS Kabupaten Sidoarjo.
- Badan Pusat Statistik (BPS) Kabupaten Sidoarjo. 2012. **Kecamatan Krian Dalam Angka**. Gresik: BPS Kabupaten Sidoarjo.
- Badan Pusat Statistik (BPS) Kabupaten Sidoarjo. 2011. **Kecamatan Krian Dalam Angka**. Gresik: BPS Kabupaten Sidoarjo.
- Badan Standardisasi Nasional (BSN). 2011. **SNI 7511:2011 tentang Tata Cara Pemasangan Pipa Transmisi dan Distribusi serta Bangunan Pelintas Pipa**. Jakarta: BSN
- Bhakti, A. H. 2016. "Evaluasi Kinerja IPAL- IPAL Program SPBM- USRI Tahun Pembangunan 2012 – 2014 di Surabaya." **Jurnal Teknik ITS** 5,2:204-208
- Chan, Y.J., Chong, M.F., Law, C.L., Hassell, D.G.2009. "A Review on Anaerobic – Aerobic Treatment of Industrial And Municipal Wastewater". **Chemical Engineering Journal**, 155: 1-18. Elseiver
- Destrivadiyani, E. 2010. **Desain Instalasi Pengolahan Air Limbah Domestik dengan Sistem IFAS (Integrated Fixed Film Activated Sludge) di Kota Surakarta Bagian Tengah**. Semarang: Skripsi UNDIP
- Direktorat Jenderal Cipta Karya, Dinas Pekerjaan Umum. 1996. **Kriteria Perencanaan Air Minum** dalam Krisnayati, D.S., Udiana, I.M., Benu, H.J. 2013. "Studi Perencanaan Pengembangan Penyediaan Air Bersih di Kecamatan Kupang Timur Kabupaten Kupang." **Jurnal Teknik Sipil** 2,1:71-86
- Direktorat Jendral Pekerjaan Umum. 2010. **SK-SNI Air Minum**.dalam Krisnayati, D.S., Udiana, I.M., Benu, H.J. 2013. "Studi Perencanaan Pengembangan Penyediaan Air Bersih di Kecamatan Kupang Timur Kabupaten Kupang." **Jurnal Teknik Sipil** 2,1:71-86
- Fan, C.Y., Field, R. 2003. "Sewer-Sediment Control: Overview of An EPA Wet-Weather Flow Research Program." **US EPA: Washington DC**

- Gubernur Jawa Timur. 2013. **Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 72 Tahun 2013 tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Industri dan / atau Kegiatan Usaha Lainnya**. Surabaya
- Handiyatmo, D., Sahara, I., Rangkuti, H. 2010. **Pedoman Penghitungan Proyek Penduduk dan Angkatan Kerja**. Jakarta: BPS
- Mara, D. 2013. **Domestic Wastewater Treatment in Developing Countries**. London: Earthscan
- Maziya, F. B. 2016. "Studi Optimalisasi IPAL Komunal Kota Malang dengan Pendekatan Model Stella. Surabaya. " **Jurnal Purifikasi**, 16, 1:11-21
- Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. 2017. **Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Nomor 4/PRT/M/2017 tentang Penyelenggaraan Sistem Air Limbah Domestik**. Jakarta
- Nanga, K.O.M.P.P. 2016. **Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Kelurahan Lemahputro dan Kelurahan Sidokare Kecamatan Sidoarjo Kabupaten Sidoarjo**. Surabaya: Skripsi ITS
- Otis, R.J. dan Mara, D. 1986. **The Design of Small Bore Sewer Sytems**. Ontario: UNDP
- Prabowo, B.E. 2006. **Evaluasi Sistem Pengelolaan Air Limbah Domestik Terdesentralisasi dengan IPALD Komunal "ABR" di Kampung Serangan, Jogjakarta**. Sleman: Skripsi UII
- Prasetya. A. dan Kamulyan. B. 2015. **Evaluasi Kinerja IPALD Komunal Dengan Sistem Anaerobic Baffled Reactor (ABR) – Anaerobic Filter (AF) Studi Kasus: IPALD Komunal Dusun Karangwetan, Kecamatan Semin, Kabupaten Gunungkidul**. Yogyakarta: Skripsi UGM
- Pokja Sanitasi Kabupaten Sidoarjo. 2012. **Memorandum Program Sektor Sanitasi Kabupaten Sidoarjo**. Sidoarjo: Pokja Sanitasi
- Razif, M. dan Hamid, A. 2014. "Perbandingan Kinerja IPALD Anaerobic Filter dengan Anaerobic Baffled Reactor untuk Implementasi di Pusat Perbelanjaan Kota

- Surabaya". **Prosiding Seminar Nasional Pascasarjana XIV**. Surabaya: ITS
- Razif, M. dan Hamid, A. 2014. "Perbandingan Desain IPALD Proses Attached Growth Anaerobic Filter dengan Suspended Growth Anaerobic Baffled Reactor untuk Pusat Pertokoan di Kota Surabaya". **Jurnal Teknik POMITS**. 3,2:85-88
- Sasse. 1998. **DEWATS: Decentralized Wastewater Treatment In Developing Countries**. Bremen: BORDA.
- Sasse, L., Gutterer, B., Panzerbieter, T., Reckerzugel, T. 2009. **DEWATS. Decentralised Wastewater Treatment in Developing Countries**. Bremen: Bremen Overseas Research and Development Association (BORDA).
- Sperling, M.V., dan Cherniharo, C.A. 2005. **Biological Wastewater Treatment In Warm Climate Regions**, Vol. 1. London: IWA Publishing.
- Silastuti dan Soedjono. 2008. **Studi Sistem Penyaluran Air Limbah Buangan di Kecamatan Batu**. Surabaya: Skripsi ITS
- Standar Nasional Indonesia. 2002. **SNI 19-6728.1-2002 tentang Penyusunan Neraca Sumber Daya – Bagian 1: Sumber Daya Air Spasial**. Jakarta
- Stanic, N., Clemens, Francois.H.L.R., Langeveld, J.G. 2016. "Estimation of Hydraulic Roughness of Concrete Sewer Pipes by Laser Scanning" **Journal of Hydraulic Engineering** 0401609:1-11
- Tchobanoglous, G. 1981. **Wastewater Engineering: Collection and Pumping of Wastewater**. New York: McGraw-Hill Book Company.
- Tchobanoglous, G., Burton, F. L., Stensel, H. D. 2003. **Wastewater Engineering: Treatment and Resource Recovery, 4th edition**. China: McGraw Hill.
- Tilley, E., Luthi, C., Morel, A., Zurbruegg, C., Schertenleib, R. 2008. **Compendium of Sanitation Systems and Technologies**. Duebendorf: Swiss
- Tilley, E.; Ulrich, L.; Luethi, C.; Reymond, P.; Zurbruegg, C. 2014. **Compendium of Sanitation Systems and Technologies. 2nd Revised Edition**. Duebendorf: Swiss

- Ulya, A. 2014. "Perencanaan SPAL dan IPAL Komunal di Kabupaten Ngawi (Studi Kasus Perumahan Karangtengah Prandon, Perumahan Karangasri, dan Kelurahan Karangtengah". **Jurnal Teknik POMITS**. 3,2:157-161
- United Nations Centre for Human Settlements (UNHCS). 1986. **The Design of Shallow Sewer Systems**. Nairobi: UNHCS
- Van Lier, J.B., Mahmoud, N., Zeeman, G. 2008. **Biological Wastewater Treatment: Principles, Modeling, and Design**. London: IWA Publishing
- Wediawati, B. 2008. **The Implement Shallow Sewer in Bandung**. <URL:<http://www.cknet-indo.org/activities/read/the-implement-shallow-sewer-in-bandung/70>>

“Halaman ini sengaja dikosongkan.”

BIOGRAFI PENULIS



Penulis bernama lengkap Ahmad Shodiq lahir di Sleman, 22 Mei 1994. Penulis menempuh pendidikan di SMAN 8 Yogyakarta sebelum melanjutkan pendidikan di Departemen Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan ITS pada tahun 2012 dan terdaftar dengan NRP 3312100068.

Selama kuliah, penulis aktif sebagai pengurus KPPL HMTL periode 2013/2014. Selain itu, penulis juga pernah menjadi asisten tenaga ahli untuk proyek Penyusunan Program Pengembangan SPAM di KSN Klaster A dan B Provinsi Maluku Utara, Advisory Kelembagaan SPAM Maluku Utara, Studi Kelayakan Unit Bisnis Laboratorium PDAM Surya Sembada, serta Review Bisnis Air Minum Dalam Kemasan di PDAM Tirta Mahakam. Penulis dapat dihubungi melalui email di shoodiq@gmail.com.

LAMPIRAN A
PETA WILAYAH PERENCANAAN

“Halaman ini sengaja dikosongkan.”



- Batas Kecamatan
- Batas Desa/Kelurahan
- Jaringan Jalan
- Sungai / Drainase
- Rel Kereta
- Kabuh
- Aluvium

INSTITUT:

DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

DOSEN PEMBIMBING:

Ir. Eddy Setiadi Soedjono, Dipl.,SE,M.Sc.,Ph.D

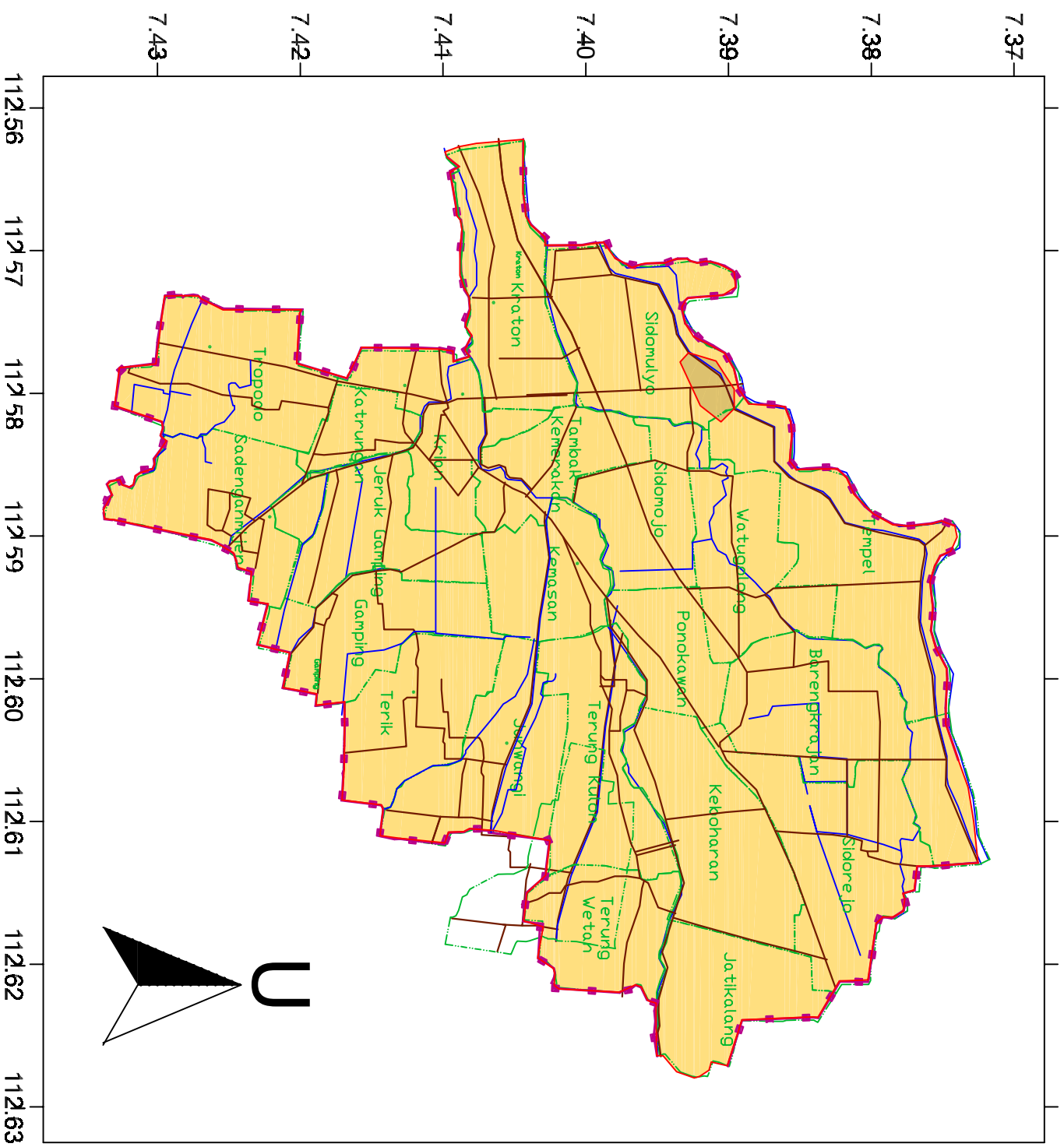
MAHASISWA PERENCANA:

Ahmad Shodiq - 3312100068







JUDUL GAMBAR:

PETA GEOLOGI KRATAN

NOMOR	SKALA
A.1	1:50.000





-  = Batas Desa
-  = Jalan
-  = Badan Air
-  = Garis Kontur
-  = Area kejadian BABS
-  = Bangunan

KEGIATAN:

TUGAS AKHIR PERENCANAAN SISTEM
PENYALURAN AIR LIMBAH DOMESTIK (SPALD)
DAN INSTALASI AIR LIMBAH DOMESTIK (IPALD)
DI KECAMATAN KRAN KABUPATEN SIDOARJO

INSTITUT:

DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

DOSEN PEMBIMBING:

Ir. Eddy Setiadi Soedjono, Dipl.(S.E.M.Sc).Ph.D

MAHASISWA PERENCANA:

Ahmad Shodiq - 3312100068

JUDUL GAMBAR:

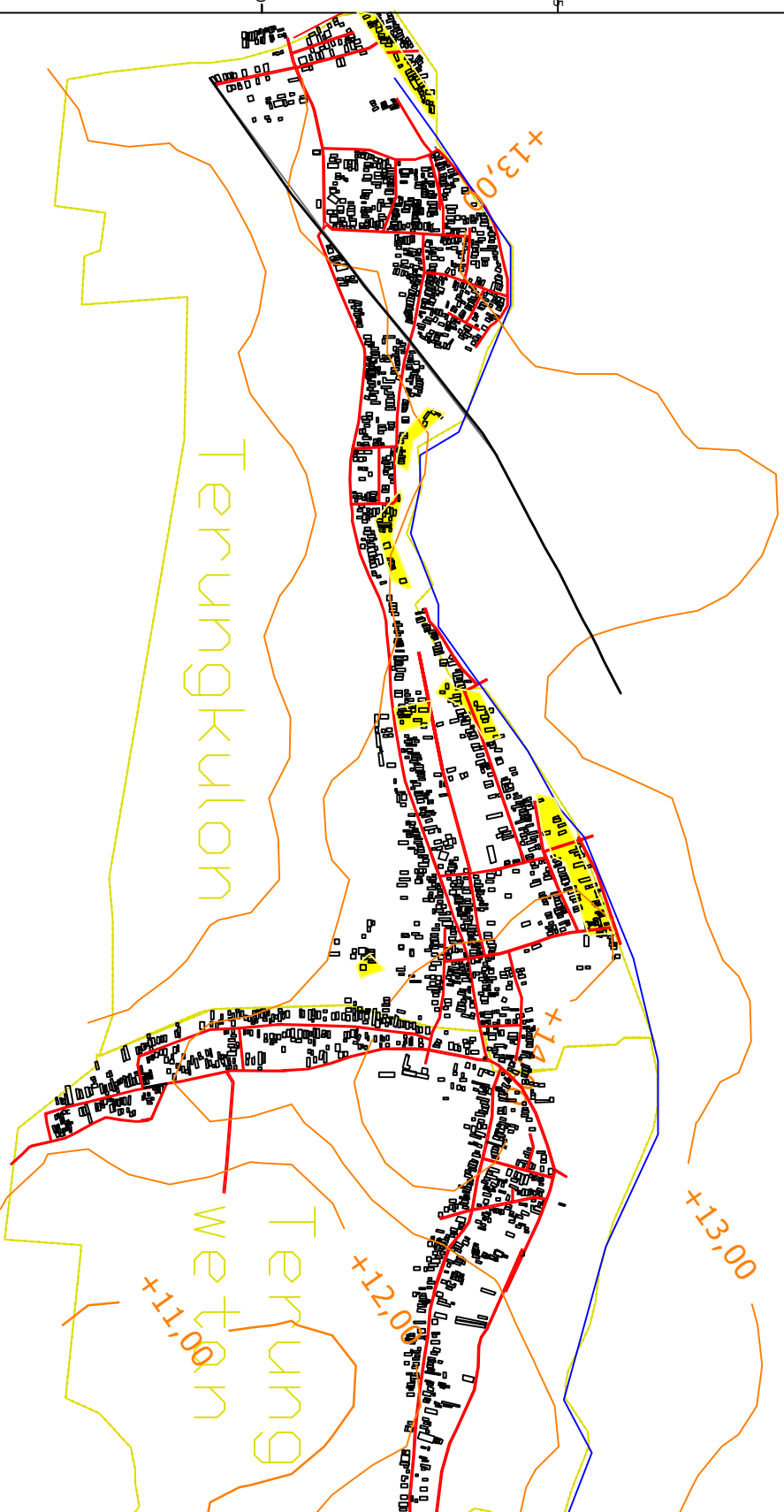
PETA WILAYAH 1
(TERUNGWETAN - TERUNGKULON)

NOMOR

U

SKALA

1:15.000



112,60

112,61

112,62

7,405

7,40

7,395

7,395



- = Batas Desa
- = Jalan
- = Badan Air
- = Garis Kontur
- = Area Kejadian BABS
- = Bangunan

KEGIATAN:

TUGAS AKHIR PERENCANAAN SISTEM
PENYALURAN AIR LIMBAH DOMESTIK (SPALD)
DAN INSTALASI AIR LIMBAH DOMESTIK (IPALD)
DI KECAMATAN KRAN KABUPATEN SIDOARJO

INSTITUT:

DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

DOSEN PEMBIMBING:

Ir. Eddy Setiadi Soedjono, Dipl. S.E.M. Sc. Ph.D

MAHASISWA PERENCANA:

Ahmad Shodiq - 3312100068

JUDUL GAMBAR:

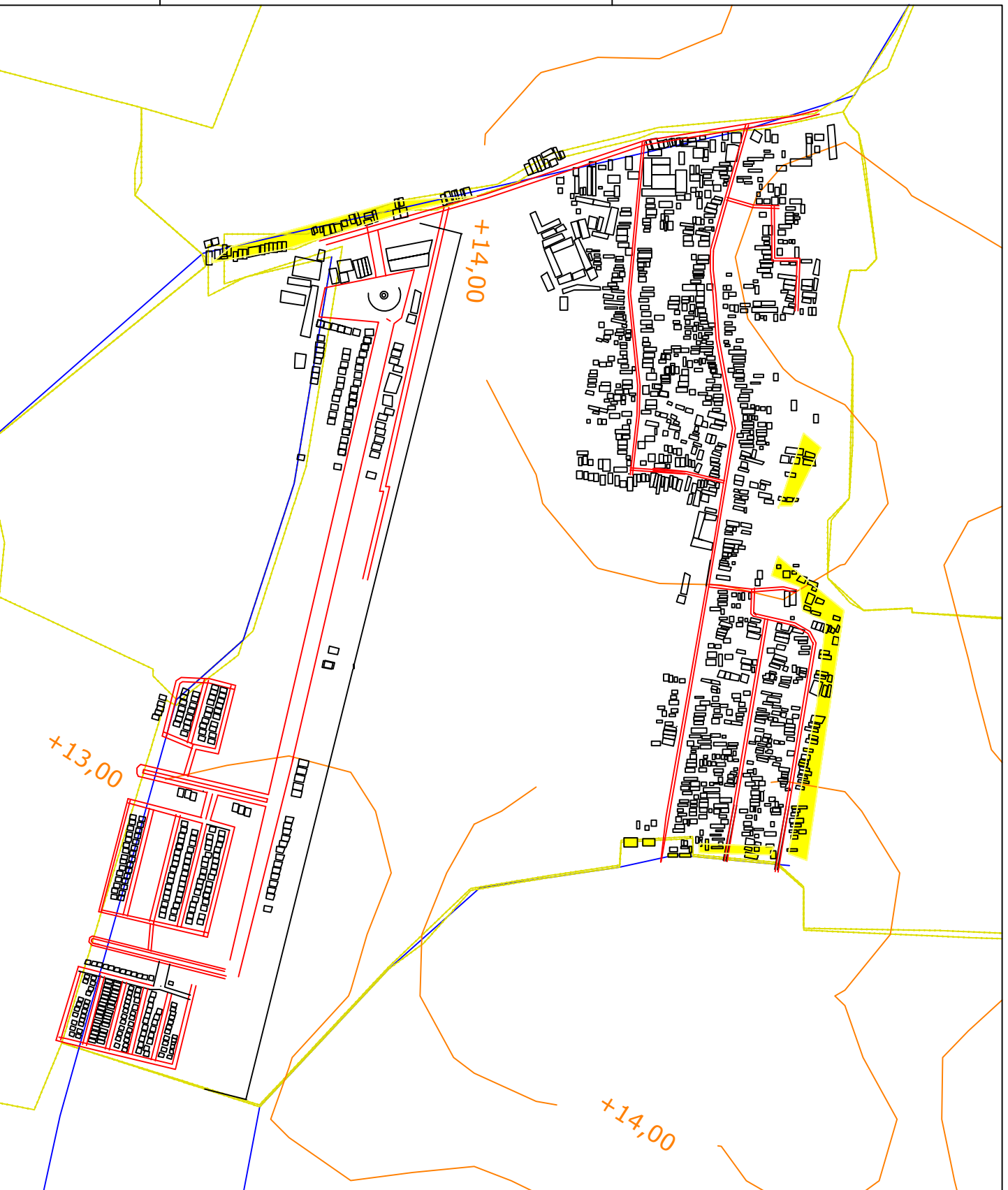
PETA WILAYAH 2 (JERUKAMPING)

NOMOR

U

SKALA

1:7.000



112,585

112,59

112,595

7,41

7,415



- = Batas Desa
- = Jalan
- = Badan Air
- = Garis Kontur
- = Area Kejadian BABS
- = Bangunan

KEGIATAN:

TUGAS AKHIR PERENCANAAN SISTEM
PENYALURAN AIR LIMBAH DOMESTIK (SPALD)
DAN INSTALASI AIR LIMBAH DOMESTIK (IPALD)
DI KECAMATAN KRAN KABUPATEN SIDOARJO

INSTITUT:

DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

DOSEN PEMBIMBING:

Ir. Eddy Setiadi Soedjono, Dipl. S.E.M. Sc. Ph.D

MAHASISWA PERENCANA:

Ahmad Shodiq - 3312100068

JUDUL GAMBAR:

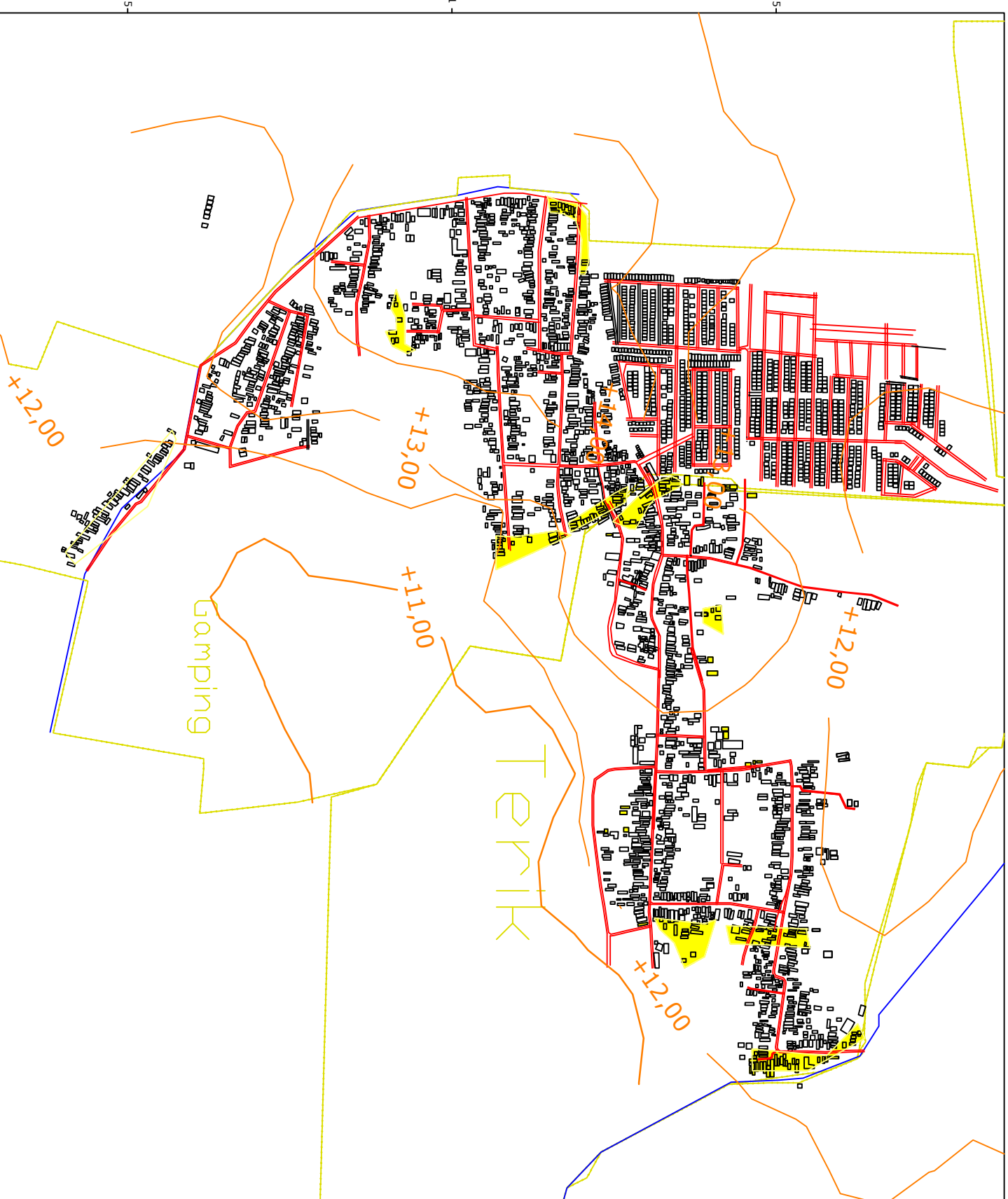
PETA WILAYAH 3 (GAMPING-TERIK)

NOMOR

U

SKALA

1:10.000





- = Batas Desa
- = Jalan
- = Badan Air
- = Garis Kontur
- = Area Kejadian BABS
- = Bangunan

KEGIATAN:

TUGAS AKHIR PERENCANAAN SISTEM
PENYALURAN AIR LIMBAH DOMESTIK (SPAD)
DAN INSTALASI AIR LIMBAH DOMESTIK (IPAD)
DI KECAMATAN KRAN KABUPATEN SIDOARJO

INSTITUT:

DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

DOSEN PEMBIMBING:

Ir. Eddy Setiadi Soedjono, Dipl.SE.M.Sc.Ph.D

MAHASISWA PERENCANA:

Ahmad Shodiq - 3312100068

JUDUL GAMBAR:

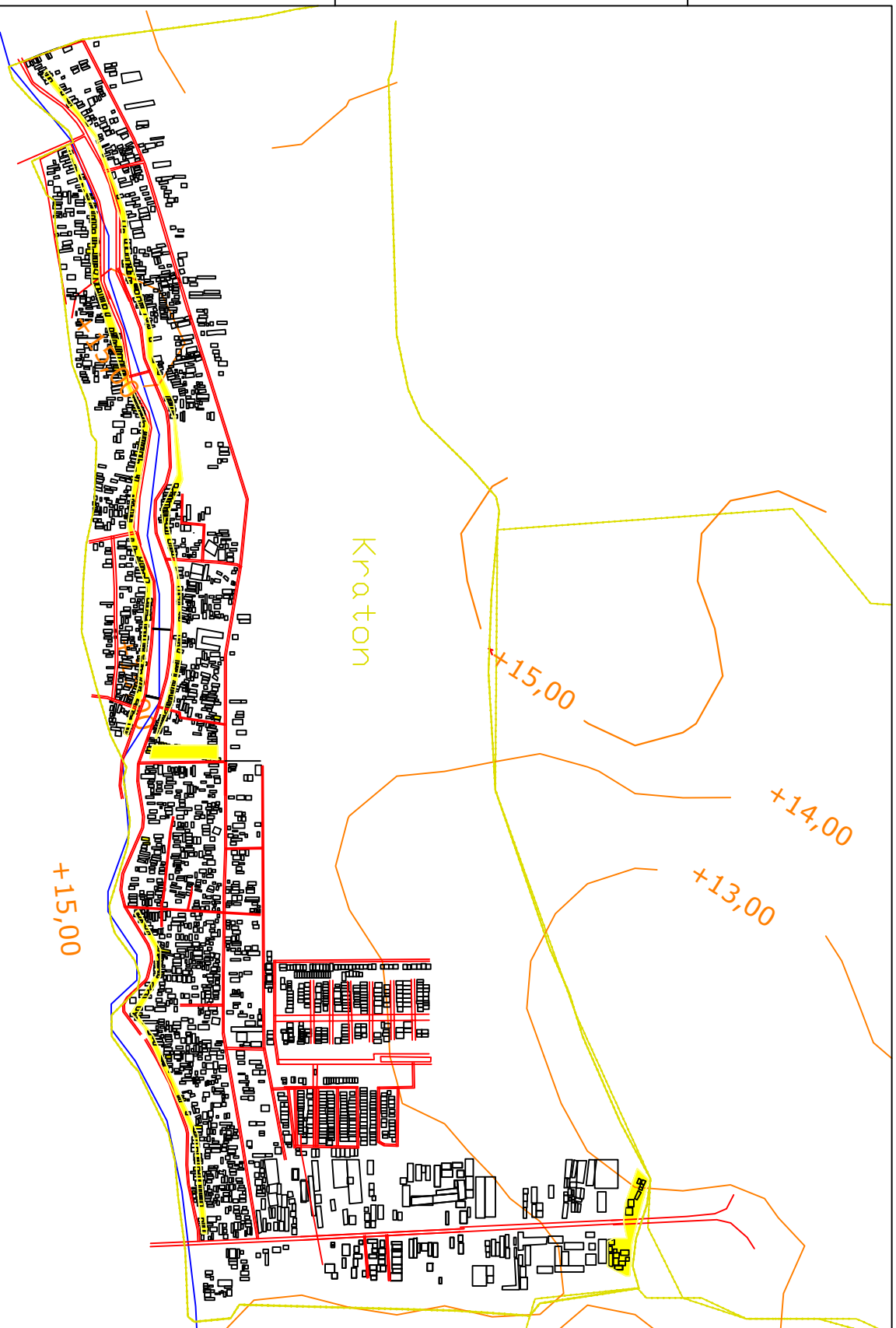
PETA WILAYAH 4(KRATON)

NOMOR

U

SKALA

1:10.000



112,565

112,57

112,575

112,58

7,43

7,405

7,40

LAMPIRAN B

HASIL PERHITUNGAN

“Halaman ini sengaja dikosongkan.”

Tabel B. 1 Dimensi Pipa SPALD Wilayah 1

Jalur Pipa	L Pipa (m)	Beban (%)	Q Peak Total	Vol Gelontor	Q min	Elevasi Medan		Slope Medan	Slope Pipa	n	d/D	Qfull	D (m)	D cek (mm)	Qfull cek	Qmin / Qfull	d/D Cek	v/V	Vmin m/detik	tinggi renang mm	Vpeak m/detik
			(m³/s)	m3	(m³/s)	awal	akhir														
h1-h	348	16,6%	0,0057	0,0000	0,00060	12,7	14,5	-0,00517	0,0083	0,01	0,8	0,00592	0,099	100,0	0,0061	0,098	0,209	0,64	0,5	20,9	0,9
h2-h	243	4,1%	0,0014	0,0069	0,00009	14,8	14,5	0,00123	0,0054	0,01	0,8	0,00147	0,063	100,0	0,0049	0,017	0,088	0,4	0,3	8,8	0,7
f1-f	148	1,7%	0,0006	0,0046	0,00004	14,8	13,9	0,00608	0,0130	0,01	0,8	0,00062	0,039	100,0	0,0077	0,005	0,044	0,26	0,3	4,4	1,1
g1-g	140	2,6%	0,0009	0,0000	0,00053	14,8	14,5	0,00214	0,0070	0,01	0,8	0,00094	0,051	100,0	0,0056	0,094	0,203	0,63	0,5	20,3	0,8
e1-e	41	10,3%	0,0035	0,0000	0,00098	13,3	13,3	0,00000	0,0070	0,01	0,8	0,00366	0,085	100,0	0,0056	0,174	0,280	0,76	0,5	28,0	0,8
e2-e1	47	10,3%	0,0035	0,0055	0,00049	13,3	13,3	0,00000	0,0064	0,01	0,8	0,00366	0,087	100,0	0,0054	0,091	0,201	0,63	0,4	20,1	0,8
e3-e2	248	3,9%	0,0014	0,0076	0,00018	13,9	13,3	0,00242	0,0050	0,01	0,8	0,00140	0,063	100,0	0,0048	0,038	0,129	0,49	0,3	12,9	0,7
e4-e2	154	6,4%	0,0022	0,0119	0,00031	13,3	13,3	0,00000	0,0036	0,01	0,8	0,00226	0,080	100,0	0,0041	0,076	0,186	0,6	0,3	18,6	0,6
e5-e	432	17,2%	0,0059	0,0000	0,00066	12,4	13,3	-0,00208	0,0060	0,01	0,8	0,00611	0,106	100,0	0,0052	0,127	0,237	0,69	0,5	23,7	0,7
d1-d	61	25,4%	0,0088	0,0000	0,00091	13,3	13,3	0,00000	0,0045	0,01	0,8	0,00902	0,130	100,0	0,0045	0,202	0,303	0,79	0,5	30,3	0,6
d8-d1	463	7,6%	0,0026	0,0127	0,00024	12,7	13,3	-0,00130	0,0032	0,01	0,8	0,00272	0,088	100,0	0,0038	0,062	0,166	0,57	0,3	16,6	0,5
d2-d1	94	1,1%	0,0004	0,0043	0,00006	13,3	13,3	0,00000	0,0115	0,01	0,8	0,00040	0,034	100,0	0,0072	0,008	0,057	0,3	0,3	5,7	1,0
d3-d1	115	16,6%	0,0057	0,0105	0,00015	13,6	13,3	0,00261	0,0040	0,01	0,8	0,00590	0,113	100,0	0,0042	0,035	0,125	0,48	0,3	12,5	0,6
d4-d3	375	8,9%	0,0031	0,0121	0,00028	13	13,6	-0,00160	0,0029	0,01	0,8	0,00318	0,095	100,0	0,0036	0,077	0,186	0,6	0,3	18,6	0,5
d5-d3	51	4,6%	0,0016	0,0087	0,00019	13,6	13,6	0,00000	0,0045	0,01	0,8	0,00163	0,068	100,0	0,0045	0,042	0,137	0,5	0,3	13,7	0,6
d6-d5	127	1,8%	0,0006	0,0039	0,00006	13,6	13,6	0,00000	0,0084	0,01	0,8	0,00065	0,043	100,0	0,0061	0,009	0,065	0,33	0,3	6,5	0,9
d7-d5	125	2,8%	0,0010	0,0055	0,00013	13,3	13,6	-0,00240	0,0063	0,01	0,8	0,00098	0,053	100,0	0,0053	0,025	0,106	0,43	0,3	10,6	0,8
b1-b	406	5,1%	0,0018	0,0096	0,00024	12,7	12,1	0,00148	0,0042	0,01	0,8	0,00181	0,072	100,0	0,0044	0,055	0,156	0,55	0,3	1,6	0,6
a-b	563	4,0%	0,0014	0,0123	0,00019	12,7	12,1	0,00107	0,0030	0,01	0,8	0,00144	0,070	100,0	0,0037	0,052	0,150	0,54	0,3	15,0	0,5
b-c	666	16,8%	0,0058	0,0000	0,00079	12,1	12,7	-0,00090	0,0048	0,01	0,8	0,00598	0,110	100,0	0,0047	0,171	0,276	0,76	0,5	27,6	0,7
h-g	110	21,4%	0,0074	0,0000	0,00134	14,5	14,5	0,00000	0,0040	0,01	0,8	0,00761	0,124	100,0	0,0042	0,315	0,383	0,89	0,5	38,3	0,6
g-f	200	26,3%	0,0091	0,0000	0,00197	14,5	13,9	0,00300	0,0030	0,01	0,8	0,00937	0,142	150,0	0,0108	0,181	0,286	0,77	0,5	42,9	0,7
f-e	476	29,6%	0,0102	0,0000	0,00207	13,9	13,3	0,00126	0,0026	0,01	0,8	0,01054	0,152	150,0	0,0101	0,205	0,306	0,79	0,5	45,9	0,6
e-d	187	57,9%	0,0200	0,0000	0,00374	13,3	13,3	0,00000	0,0020	0,01	0,8	0,02059	0,206	150,0	0,0089	0,423	0,453	0,96	0,5	67,9	0,6
d-c	150	83,2%	0,0287	0,0000	0,00465	13,3	12,7	0,00400	0,0020	0,01	0,8	0,02961	0,236	150,0	0,0089	0,526	0,500	1	0,5	75,0	0,6
c-IPAL	126	100,0%	0,0345	0,0000	0,00545	12,7	12,7	0,00000	0,0020	0,01	0,8	0,03559	0,253	200,0	0,0191	0,286	0,363	0,86	0,5	72,6	0,7

Tabel B. 2 Penanaman Pipa dan Volume Pekerjaan Tanah Wlayah 1

Jalur Pipa	L Pipa	Elevasi Medan		Slope Pipa	hL	Lebar Galian	Elevasi dasar pipa		Kedalaman Galian (m)		Lebar Galian	Vol. Galian	Vol. Pipa	Vol. Pasir Urug	Vol. Urugan tanah	Vol. Buang Tanah
	(m)	awal	akhir			m	awal	akhir	awal	akhir	m	m3	m3	m3	m3	m3
h1-h	348	12,7	14,5	0,0083	2,888	0,4	12,30	9,41	0,50	5,19	0,4	396,02	2,73	66,87	326,42	69,60
h2-h	243	14,8	14,5	0,0054	1,312	0,4	14,40	13,09	0,50	1,51	0,4	97,69	1,91	46,69	49,09	48,60
f1-f	148	14,8	13,9	0,0130	1,924	0,4	14,40	12,48	0,50	1,52	0,4	59,79	1,16	28,44	30,19	29,60
g1-g	140	14,8	14,5	0,0070	0,980	0,4	14,40	13,42	0,50	1,18	0,4	47,04	1,1	26,90	19,04	28,00
e1-e	41	13,3	13,3	0,0070	0,287	0,4	10,79	10,51	2,61	2,89	0,4	45,07	0,32	7,88	36,87	8,20
e2-e1	47	13,3	13,3	0,0064	0,301	0,4	11,09	10,79	2,31	2,61	0,4	46,21	0,37	9,03	36,81	9,40
e3-e2	248	13,9	13,3	0,0050	1,245	0,4	12,34	11,09	1,66	2,31	0,4	196,94	1,95	47,65	147,34	49,60
e4-e2	154	13,3	13,3	0,0036	0,561	0,4	12,90	12,34	0,50	1,06	0,4	48,05	1,21	29,59	17,25	30,80
e5-e	432	12,4	13,3	0,0060	2,592	0,4	12,00	9,41	0,50	3,99	0,4	387,94	3,39	83,01	301,54	86,40
d1-d	61	13,3	13,3	0,0045	0,275	0,4	10,81	10,53	2,59	2,87	0,4	66,62	0,48	11,72	54,42	12,20
d8-d1	463	12,7	13,3	0,0032	1,491	0,4	12,30	10,81	0,50	2,59	0,4	286,13	3,63	88,97	193,53	92,60
d2-d1	94	13,3	13,3	0,0115	1,077	0,4	12,90	11,82	0,50	1,58	0,4	39,10	0,74	18,06	20,30	18,80
d3-d1	115	13,6	13,3	0,0040	0,460	0,4	11,51	11,05	2,19	2,35	0,4	104,37	0,9	22,10	81,37	23,00
d4-d3	375	13	13,6	0,0029	1,088	0,4	12,60	11,51	0,50	2,19	0,4	201,75	2,94	72,06	126,75	75,00
d5-d3	51	13,6	13,6	0,0045	0,231	0,4	12,11	11,88	1,59	1,82	0,4	34,81	0,4	9,80	24,61	10,20
d6-d5	127	13,6	13,6	0,0084	1,063	0,4	13,20	12,14	0,50	1,56	0,4	52,32	1	24,40	26,92	25,40
d7-d5	125	13,3	13,6	0,0063	0,792	0,4	12,90	12,11	0,50	1,59	0,4	52,25	0,98	24,02	27,25	25,00
b1-b	406	12,7	12,1	0,0042	1,715	0,4	12,30	10,59	0,50	1,61	0,4	171,33	3,19	78,01	90,13	81,20
a-b	563	12,7	12,1	0,0030	1,689	0,4	12,30	10,61	0,50	1,59	0,4	235,33	4,42	108,18	122,73	112,60
b-c	666	12,1	12,7	0,0048	3,197	0,4	10,59	7,39	1,61	5,41	0,4	935,73	5,23	127,97	802,53	133,20
h-g	110	14,5	14,5	0,0040	0,440	0,4	9,41	8,97	5,19	5,63	0,4	238,00	0,86	21,14	216,00	22,00
g-f	200	14,5	13,9	0,0030	0,600	0,45	8,97	8,37	5,63	5,63	0,45	506,63	3,53	45,97	457,13	49,50
f-e	476	13,9	13,3	0,0026	1,238	0,45	8,37	7,13	5,63	6,27	0,45	1.274,32	8,41	109,40	1.156,51	117,81
e-d	187	13,3	13,3	0,0020	0,374	0,45	7,13	6,76	6,27	6,64	0,45	543,02	3,3	42,98	496,74	46,28
d-c	150	13,3	12,7	0,0020	0,300	0,45	6,76	6,46	6,64	6,34	0,45	438,08	2,65	34,48	400,95	37,13
c-IPAL	126	12,7	12,7	0,0020	0,252	0,45	6,46	6,21	6,34	6,59	0,45	366,57	3,96	30,06	332,55	34,02

Tabel B. 3 Kebutuhan Manhole Wilayah 1

Jalur Pipa	L Pipa	Kebutuhan Manhole					Jumlah Manhole
	(m)	Lurus	Belok	Pertigaan	Perempatan	Drop	
h1-h	348	3	3		-	-	6
h2-h	243	1	2	-	-	-	3
f1-f	148	1	1	-	-	-	2
g1-g	140	1	-	-	-	-	1
e1-e	41		-	-	-	-	-
e2-e1	47	-	-	1	-	1,00	2
e3-e2	248	1	1	-	-	-	2
e4-e2	154	1	-	1	-	-	2
e5-e	432	1	2	1	-	-	4
d1-d	61	-	-	-	-	1,00	1
d8-d1	463	4	-		-	-	4
d2-d1	94	1	-	-	-	-	1
d3-d1	115	-	-	1	-	-	1
d4-d3	375	3	-	-	-	-	3
d5-d3	51	-	-	1	-	-	1
d6-d5	127	1	-	-	-	-	1
d7-d5	125	1	-	1	-	-	2
b1 -b	406	2	3	1	-	-	6
a-b	563	3	1	-	-	-	4
b-c	666	3	3	-	-	-	6
h-g	110	-	-	1	-	1,00	2
g-f	200	-	2	-	-	1,00	3
f-e	476	1	1		1	1,00	4
e-d	187	1	-	1		1,00	3
d-c	150	1	-		-	1,00	2
c-IPAL	126	1	-	-	-	1,00	2

Tabel B. 4 Dimensi Pipa SPALD Wilayah 2

Jalur Pipa	Beban (%)	L Pipa	Q Peak Total	Volume Gelontor	Q min	Elevasi Medan		Slope Medan	Slope Pipa	n	d/D	Qfull	D (m)	D cek (mm)	Qfull cek	Qmin / Qfull	d/D Cek	v/V	Vmin	Tinggi renang	Vpeak
		(m)	(m³/s)	m³	(m³/s)	awal	akhir												m/detik	m	m/detik
a3-a1	11%	354	0,0021	2,3559	0,00024	13,9	13,3	0,00169	0,0037	0,01	0,8	0,00217	0,079	100,0	0,004	0,058	0,160	0,55	0,3	0,160	0,6
a2-a1	8%	307	0,0016	2,3559	0,00018	13,9	13,3	0,00195	0,0045	0,01	0,8	0,00164	0,069	100,0	0,005	0,040	0,132	0,5	0,3	0,132	0,6
a1-a	19%	117	0,0037	2,3559	0,00042	13,3	13,6	-0,00256	0,0053	0,01	0,8	0,00381	0,091	100,0	0,005	0,086	0,194	0,62	0,4	0,194	0,7
c2-c	6%	108	0,0011	2,3559	0,00012	13,6	13,3	0,00278	0,0057	0,01	0,8	0,00115	0,057	100,0	0,0051	0,025	0,104	0,43	0,3	0,104	0,7
c1-c	9%	135	0,0018	2,3559	0,00020	13,3	13,3	0,00000	0,0042	0,01	0,8	0,00184	0,073	100,0	0,0043	0,046	0,143	0,52	0,3	0,143	0,6
c-b	36%	392	0,0069	2,3559	0,00110	13,3	13,9	-0,00153	0,0050	0,01	0,8	0,00713	0,116	100,0	0,005	0,232	0,325	0,82	0,5	0,325	0,7
b2-b1	15%	154	0,0029	0,0000	0,00033	14,2	14,2	0	0,0030	0,01	0,8	0,00303	0,093	100,0	0,004	0,089	0,198	0,62	0,3	0,198	0,5
b3-b1	12%	61	0,0024	2,3559	0,00027	13,9	14,2	-0,00492	0,0034	0,01	0,8	0,00247	0,084	100,0	0,004	0,068	0,174	0,58	0,3	0,174	0,6
b1-b	32%	463	0,0062	2,3559	0,00129	14,2	13,9	0,00065	0,0050	0,01	0,8	0,00636	0,112	100,0	0,005	0,271	0,353	0,86	0,5	0,353	0,7
b-a	73%	145	0,0141	0,0000	0,00397	13,9	13,6	0,00207	0,0021	0,01	0,8	0,01449	0,179	150,0	0,009	0,437	0,462	0,96	0,5	0,693	0,6
a-IPAL	100%	316	0,0194	0,0000	0,00656	13,6	13,6	0	0,0018	0,01	0,8	0,01995	0,207	150,0	0,008	0,781	0,500	1	0,5	0,750	0,5

Tabel B. 5 Penanaman Pipa dan Volume Pekerjaan Tanah Wilayah 2

Jalur Pipa	Beban (%)	hL (m)	Kedalaman Bawah Pipa		Kedalaman Galian		Vol. Galian	Vol. Pipa	Vol. Pasir Urug	Vol. Urugan	Vol. Buang	Kebutuhan Manhole				Jumlah Manhole
			awal (m)	akhir (m)	awal (m)	akhir (m)	m3	m3	m3	m3	m3	Lurus	Belok	Pertigaan	Drop	
a3-a1	11%	1,32	13,50	12,18	0,500	1,225	122,11	93,79	28,32	141,60	141,60	3	2	-	-	5
a2-a1	8%	1,38	13,50	12,12	0,500	1,282	109,44	84,88	24,56	122,80	122,80	3	-	1	-	4
a1-a	19%	0,62	12,12	11,50	1,282	2,203	81,55	72,19	9,36	46,80	46,80	-	2		-	2
c2-c	6%	0,62	13,20	12,58	0,500	0,819	28,49	19,85	8,64	43,20	43,20	1	-	1	-	2
c1-c	9%	0,56	12,90	12,34	0,500	1,063	42,21	31,41	10,80	54,00	54,00	1	3	-	-	4
c-b	36%	1,96	12,34	10,38	1,063	3,623	367,42	336,06	31,36	156,80	156,80	1	2	1	-	4
b2-b1	15%	0,46	13,80	13,34	0,500	0,961	44,99	32,67	12,32	61,60	61,60	1	2	1	-	4
b3-b1	12%	0,21	13,50	13,29	0,500	1,009	18,41	13,53	4,88	24,40	24,40	2	2	-	-	4
b1-b	32%	2,32	13,29	10,98	1,009	3,024	373,49	336,45	37,04	185,20	185,20	-		-		-
b-a	73%	0,30	10,38	10,07	3,623	3,628	236,56	220,25	16,31	65,25	65,25		-	-	1	1
a-IPAL	100%	0,57	10,07	9,50	3,628	4,197	556,31	520,76	35,55	142,20	142,20	2	1	-		3
Jumlah							1980,98	1761,84	219,14	1043,85	1043,85	14	14	4	1	33

Tabel B. 6 Dimensi Pipa SPALD Wilayah 3

Jalur Pipa	Beban	L Pipa (m)	Q Peak Total (m ³ /s)	Vol gelontor m3	Q min (m ³ /s)	Elevasi Medan awal akhir	Slope Medan	Slope Pipa	n	d/D	Qfull	D (m)	D cek (mm)	Qfull cek	Qmin / Qfull	d/D Cek	v/v	Vmin m/detik	tinggi renang mm	Vpeak m/detik
j5-j4	2.50%	189	0.00111	14.8458	0.0001	15.1 14.5	0.00317	0.0052	0.01	0.8	0.0011442	0.058	100.0	0.005	0.022	0.097	0.41	0.3	9.7	0.7
j4-j2	4.71%	211	0.00209	23.9969	0.0002	14.5 14.2	0.00142	0.0038	0.01	0.8	0.0021545	0.078	100.0	0.004	0.048	0.146	0.52	0.3	14.6	0.6
j3-j2	1.78%	149	0.00079	9.0679	0.0001	14.8 14.2	0.00403	0.0072	0.01	0.8	0.0008156	0.048	100.0	0.006	0.013	0.077	0.37	0.3	7.7	0.8
j2-j	9.90%	11	0.00440	7.5966	0.0004	14.2 14.2	0.00000	0.0050	0.01	0.8	0.004533	0.098	100.0	0.005	0.088	0.197	0.62	0.4	19.7	0.7
i5-i3	1.75%	162	0.00077	9.1311	0.0001	14.5 14.2	0.00185	0.0073	0.01	0.8	0.0007988	0.048	100.0	0.006	0.013	0.074	0.36	0.3	7.4	0.8
i4-i3	1.07%	82	0.00048	8.4860	0.0000	14.2 14.2	0.00000	0.0110	0.01	0.8	0.00049	0.037	100.0	0.0070	0.006	0.053	0.29	0.3	5.3	1.0
i3-i1	3.98%	99	0.00177	19.7606	0.0002	14.2 13.6	0.00606	0.0042	0.01	0.8	0.0018221	0.072	100.0	0.0044	0.039	0.130	0.5	0.3	13.0	0.6
i2-i1	2.10%	287	0.00093	10.7425	0.0001	14.2 14.2	0.00000	0.0064	0.01	0.8	0.000963	0.052	100.0	0.005	0.017	0.086	0.39	0.3	8.6	0.8
i1-i	8.50%	214	0.00377	22.6346	0.0004	14.2 13.6	0.00280	0.0025	0.01	0.8	0.0038901	0.105	100.0	0.003	0.106	0.217	0.66	0.3	21.7	0.5
i-h	22.74%	82	0.01009	0.0000	0.0010	13.6 13.3	0.00366	0.0048	0.01	0.8	0.010407	0.135	100.0	0.005	0.207	0.307	0.79	0.5	30.7	0.7
h-g	24.81%	82	0.01101	0.0000	0.0011	13.3 13	0.00366	0.0047	0.01	0.8	0.0113542	0.140	100.0	0.005	0.228	0.321	0.81	0.5	32.1	0.7
g7-g4	6.76%	232	0.00300	23.3570	0.0003	12.1 12.1	0.00000	0.0027	0.01	0.8	0.003095	0.096	100.0	0.003	0.082	0.191	0.61	0.3	19.1	0.5
g6-g4	7.08%	394	0.00314	24.0554	0.0003	12.1 12.1	0.00000	0.0029	0.01	0.8	0.0032407	0.096	100.0	0.004	0.083	0.192	0.61	0.3	19.2	0.5
g5-g4	8.34%	530	0.00370	20.1025	0.0004	12.1 12.1	0.00000	0.0020	0.01	0.8	0.0038189	0.109	100.0	0.003	0.118	0.228	0.68	0.3	22.8	0.4
g4-g2	22.18%	138	0.00985	0.0000	0.0009	12.1 12.1	0.00000	0.0049	0.01	0.8	0.0101546	0.133	100.0	0.005	0.200	0.300	0.78	0.5	30.0	0.7
g3-g2	6.80%	266	0.00302	12.7595	0.0003	13.6 12.1	0.00564	0.0056	0.01	0.8	0.0031131	0.083	100.0	0.005	0.060	0.163	0.57	0.4	16.3	0.7
g2-g1	32.45%	182	0.01441	0.0000	0.0015	12.1 12.4	-0.00165	0.0036	0.01	0.8	0.0148533	0.163	150.0	0.012	0.122	0.233	0.69	0.5	35.0	0.8
g1-g	34.41%	90	0.01528	0.0000	0.0015	12.4 13	-0.00667	0.0033	0.01	0.8	0.0157518	0.169	150.0	0.011	0.136	0.245	0.71	0.5	36.8	0.7
g-f	60.73%	196	0.02696	0.0000	0.0027	13 13	0.00000	0.0023	0.01	0.8	0.0277984	0.224	200.0	0.020	0.133	0.244	0.7	0.5	48.8	0.7
f2-f1	2.07%	263	0.00092	10.8061	0.0001	13.3 14.5	-0.00456	0.0065	0.01	0.8	0.0009461	0.052	100.0	0.005	0.017	0.088	0.4	0.3	8.8	0.8
f1-f	3.69%	220	0.00164	17.8671	0.0002	14.5 13	0.00682	0.0044	0.01	0.8	0.0016913	0.069	100.0	0.004	0.037	0.129	0.49	0.3	12.9	0.6
f-e	64.43%	50	0.02861	0.0000	0.0029	13 13	0.00000	0.0023	0.01	0.8	0.0294897	0.229	200.0	0.020	0.141	0.251	0.72	0.5	50.2	0.7
e2-e1	2.16%	280	0.00096	11.0071	0.0001	12.1 12.7	-0.00214	0.0063	0.01	0.8	0.0009884	0.053	100.0	0.005	0.018	0.091	0.4	0.3	9.1	0.8
e1-e	4.24%	89	0.00188	21.0655	0.0002	12.7 13	-0.00237	0.0040	0.01	0.8	0.0019397	0.074	100.0	0.004	0.045	0.140	0.5	0.3	14.0	0.6
e-a	69.76%	135	0.03097	0.0000	0.0031	13 13.9	-0.00667	0.0022	0.01	0.8	0.0319315	0.238	200.0	0.020	0.156	0.264	0.74	0.5	52.8	0.7
c2-c1	5.71%	337	0.00253	25.8471	0.0003	12.1 12.1	0.00000	0.0033	0.01	0.8	0.0026124	0.086	100.0	0.004	0.069	0.176	0.58	0.3	17.6	0.6
c3-c1	0.43%	52	0.00019	5.6493	0.00002	12.4 12.1	0.00577	0.0195	0.01	0.8	0.0001987	0.024	100.0	0.009	0.002	0.032	0.21	0.3	3.2	1.3
c1-c	9.51%	418	0.00422	21.8003	0.0004	12.1 12.4	-0.00072	0.0024	0.01	0.8	0.0043541	0.112	100.0	0.003	0.137	0.247	0.71	0.3	24.7	0.5
c5-c4	1.40%	47	0.00062	9.7030	0.0001	13.3 13	0.00638	0.0070	0.01	0.8	0.0006429	0.044	100.0	0.006	0.012	0.071	0.35	0.3	7.1	0.8
c4-c	7.60%	259	0.00337	23.4968	0.0004	13 12.4	-0.00232	0.0027	0.01	0.8	0.0034774	0.100	100.0	0.004	0.102	0.212	0.65	0.3	21.2	0.5
c-b	17.11%	32	0.00760	0.0000	0.0008	12.4 12.4	0.00000	0.0048	0.01	0.8	0.0078315	0.122	100.0	0.005	0.173	0.278	0.76	0.5	27.8	0.7
d1-d	4.03%	357	0.00179	19.6720	0.0002	13.3 12.7	0.00168	0.0042	0.01	0.8	0.0018468	0.073	100.0	0.004	0.044	0.139	0.5	0.3	13.9	0.6
d2-d	3.15%	432	0.00140	15.6880	0.0001	13.300 12.7	0.00139	0.0049	0.01	0.8	0.0014436	0.064	100.0	0.005	0.031	0.118	0.46	0.3	11.8	0.7
d3-d	1.92%	159	0.00085	11.7687	0.0001	13.300 12.7	0.00377	0.0060	0.01	0.8	0.0008767	0.051	100.0	0.005	0.017	0.088	0.4	0.3	8.8	0.7
d-b	9.79%	93	0.00435	13.2678	0.0005	12.7 12.4	0.00323	0.0055	0.01	0.8	0.0044826	0.096	100.0	0.005	0.092	0.202	0.63	0.4	20.2	0.7
b-a	30.25%	285	0.01343	0.0000	0.0014	12.400 13.9	-0.00526	0.0034	0.01	0.8	0.0138454	0.161	150.0	0.012	0.123	0.233	0.69	0.5	35.0	0.7
a-ipal	100%	54	0.04440	0.0000	0.0044	13.9 13.6	0.00556	0.0020	0.01	0.8	0.0457732	0.278	250.0	0.035	0.128	0.239	0.69	0.5	59.8	0.8

Tabel B. 7 Penanaman pipa dan Volume Pekerjaan Tanah Wilayah 3

Jalur Pipa	hL	Vol. Pipa	Elevasi dasar pipa		Kedalaman Galian (m)		Vol. Galian	Vol. Pasir Urug	Vol. Urugan tanah	Vol. Buang Tanah	Kebutuhan Manhole				Jumlah Manhole
		m3	awal	akhir	awal	akhir	m3	m3	m3	m3	Lurus	Belok	Pertigaan	Drop	
j5-j4	0,983	1,48	14,70	13,72	0,50	0,88	52,27	28,76	22,03	30,24	2	1	-	-	1
j4-j2	0,793	1,66	13,72	12,92	0,88	1,38	95,33	32,10	61,57	33,76	1	-	-	1	1
j3-j2	1,070	1,17	14,40	13,33	0,50	0,97	43,82	22,67	19,98	23,84	1	2	-	-	2
j2-j	0,055	0,09	12,92	12,87	1,38	1,43	6,18	1,67	4,42	1,76	1	2	1	-	3
i5-i3	1,180	1,27	14,10	12,92	0,50	1,38	60,92	24,65	35,00	25,92	2	1	-	-	1
i4-i3	0,902	0,64	13,80	12,90	0,50	1,40	31,19	12,48	18,07	13,12	1	-	-	1	1
i3-i1	0,416	0,78	12,90	12,48	1,40	1,22	51,88	15,06	36,04	15,84	-	1	1	-	2
i2-i1	1,846	2,25	13,80	11,95	0,50	2,35	163,35	43,67	117,43	45,92	2	1	-	-	1
i1-i	0,543	1,68	11,95	11,41	2,35	2,29	198,35	32,56	164,11	34,24	1	-	-	1	1
i-h	0,394	0,64	11,26	10,86	2,44	2,54	81,7	12,48	68,58	13,12	1	-	-	-	-
h-g	0,385	0,64	10,86	10,48	2,54	2,62	84,64	12,48	71,52	13,12	-	-	-	-	-
g7-g4	0,626	1,82	11,70	11,07	0,50	1,13	75,46	35,30	38,34	37,12	1	1	-	-	1
g6-g4	1,128	3,09	11,70	10,57	0,50	1,63	167,72	59,95	104,68	63,04	2	2	-	-	3
g5-g4	1,060	4,16	11,70	10,64	0,50	1,56	218,36	80,64	133,56	84,80	4	1	-	-	1
g4-g2	0,676	1,08	10,57	9,90	1,63	2,30	108,55	21,00	86,47	22,08	1	-	-	1	1
g3-g2	1,500	2,09	13,20	11,70	0,50	0,50	53,2	40,47	10,64	42,56	1	1	-	-	1
g2-g1	0,655	3,21	9,90	9,24	2,30	3,26	227,86	33,65	191,00	36,86	-	1	-	-	1
g1-g	0,297	1,59	9,24	8,94	3,26	4,16	150,18	16,64	131,95	18,23	-	-	-	1	1
g-f	0,451	6,15	8,94	8,49	4,16	4,61	386,51	37,95	342,41	44,10	-	2	-	-	3
f2-f1	1,712	2,06	12,90	11,19	0,50	3,41	205,75	40,02	163,67	42,08	1	2	-	-	2
f1-f	0,972	1,73	11,19	10,22	3,41	2,88	276,98	33,47	241,78	35,20	-	3	-	-	3
f-e	0,110	1,67	8,49	8,38	4,61	4,72	104,91	9,68	93,66	11,25	-	-	1	1	2
e2-e1	1,770	2,2	11,70	9,93	0,50	2,87	188,71	42,60	143,91	44,80	1	1	-	-	1
e1-e	0,359	0,7	9,93	9,57	2,87	3,53	113,89	13,54	99,65	14,24	-	-	-	-	-
e-a	0,297	4,24	8,38	8,09	4,72	5,91	322,95	26,14	292,57	30,38	-	-	1	-	1
c2-c1	1,114	2,65	11,70	10,59	0,50	1,61	142,5	51,27	88,58	53,92	1	3	-	-	3
c3-c1	1,014	0,41	12,00	10,99	0,50	1,21	17,83	7,91	9,51	8,32	1	-	-	-	-
c1-c	0,983	3,28	10,59	9,60	1,61	2,90	377,18	63,60	310,30	66,88	1	2	-	-	2
c5-c4	0,329	0,37	12,90	12,57	0,50	0,53	9,67	7,15	2,15	7,52	1	-	-	-	-
c4-c	0,708	2,03	11,05	10,34	2,05	2,16	218,41	39,41	176,97	41,44	1	1	-	1	2
c-b	0,154	0,25	9,60	9,45	2,90	3,05	38,07	4,87	32,95	5,12	-	-	-	1	1
d1-d	1,487	2,8	12,90	11,41	0,50	1,39	134,76	54,32	77,64	57,12	1	1	-	-	1
d2-d	2,121	3,39	12,90	10,78	0,50	2,02	217,83	65,73	148,71	69,12	1	3	-	1	4
d3-d	0,954	1,25	12,90	11,95	0,50	0,85	43,06	24,19	17,62	25,44	1	-	-	-	-
d-b	0,512	0,73	10,78	10,27	2,02	2,23	79,12	14,15	64,24	14,88	-	-	-	-	-
b-a	0,969	5,03	9,45	8,48	3,05	5,52	549,62	52,68	491,91	57,71	-	2	-	1	3
a-ipal	0,108	2,65	8,09	7,98	5,91	5,72	141,39	10,72	128,02	13,37	-	-	-	-	53

Tabel B. 8 Dimensi Pipa SPALD Wilayah 4

Jalur Pipa	Beban (%)	L Pipa	Q Peak Total	Vol Gelontor	Q min	Elevasi Medan		Slope Medan	Slope Pipa	n	d/D	D (m)	D cek (mm)	Qfull cek	Qmin / Qfull	d/D Cek	v/v	Vmin	tinggi renang	Vpeak
	(m)	(m³/s)	M3	(m³/s)	awal	akhir										m/detik		mm	m/detik	
l2-l	6,2%	352	0,004	0,0121	0,00020	12,7	13,9	-0,00341	0,0029	0,01	0,8	0,100	100,0	0,0036	0,057	0,157	0,55	0,3	1,57	0,5
l1-l	5,8%	80	0,003	0,0123	0,00019	13,6	13,9	-0,00375	0,0030	0,01	0,8	0,097	100,0	0,0037	0,052	0,150	0,54	0,3	1,50	0,5
l-k	16,1%	34	0,009	0,0000	0,00053	13,9	13,9	0,00000	0,0070	0,01	0,8	0,121	100,0	0,0056	0,094	0,203	0,63	0,5	2,03	0,8
k1-k	3,4%	70	0,002	0,0078	0,00011	13,6	13,9	-0,00429	0,0049	0,01	0,8	0,072	100,0	0,0047	0,023	0,102	0,42	0,3	1,02	0,7
k-j	25,7%	194	0,014	0,0000	0,00084	13,9	13,6	0,00155	0,0047	0,01	0,8	0,155	100,0	0,0046	0,182	0,287	0,77	0,5	2,87	0,7
j1-j	2,6%	290	0,001	0,0078	0,00011	14,8	13,6	0,00414	0,0049	0,01	0,8	0,065	100,0	0,0047	0,023	0,102	0,42	0,3	1,02	0,7
j-i	35,7%	364	0,020	0,0000	0,00127	13,6	13,9	-0,00082	0,0035	0,01	0,8	0,186	100,0	0,0040	0,319	0,386	0,89	0,5	3,86	0,6
i1-i	2,3%	69	0,001	0,0074	0,00010	14,5	13,9	0,00870	0,0052	0,01	0,8	0,062	100,0	0,0048	0,020	0,095	0,41	0,3	0,95	0,7
i-h	40,4%	162	0,023	0,0000	0,00146	13,9	14,8	-0,00556	0,0032	0,01	0,8	0,198	100,0	0,0038	0,385	0,429	0,93	0,5	4,29	0,5
h3-h4	2,8%	320	0,002	0,0087	0,00012	14,5	15,1	-0,00188	0,0045	0,01	0,8	0,068	100,0	0,0045	0,026	0,108	0,45	0,3	1,08	0,7
h5-h4	0,7%	116	0,000	0,0045	0,00004	15,1	15,1	0,00000	0,0127	0,01	0,8	0,034	100,0	0,0076	0,005	0,044	0,26	0,3	0,44	1,1
h4-h1	3,5%	72	0,002	0,0055	0,00007	15,1	15,1	0,00000	0,0063	0,01	0,8	0,070	100,0	0,0053	0,013	0,077	0,37	0,3	0,77	0,8
h2-h1	2,1%	188	0,001	0,0066	0,00010	15,1	15,1	0,00000	0,0055	0,01	0,8	0,059	100,0	0,0050	0,021	0,095	0,41	0,3	0,95	0,7
h1-h	6,9%	103	0,004	0,0112	0,00027	15,1	14,8	0,00291	0,0025	0,01	0,8	0,107	100,0	0,0033	0,082	0,190	0,61	0,3	1,90	0,5
h-g	48,4%	104	0,027	0,0114	0,00033	14,8	14,8	0,00000	0,0026	0,01	0,8	0,220	100,0	0,0034	0,095	0,205	0,64	0,3	2,05	0,5
g15-g3	2,8%	460	0,002	0,0073	0,00010	13,9	13,6	0,00065	0,0051	0,01	0,8	0,067	100,0	0,0048	0,022	0,097	0,41	0,3	0,97	0,7
g14-g3	11,9%	355	0,00671	0,0074	0,00044	13,9	13,6	0,00085	0,0052	0,01	0,8	0,114	100,0	0,0048	0,090	0,200	0,63	0,4	2,00	0,7
g9-g11	0,8%	142	0,000	0,0041	0,00003	13,9	13,9	0,00000	0,0103	0,01	0,8	0,037	100,0	0,0068	0,004	0,044	0,26	0,2	0,44	1,0
g10-g11	0,7%	103	0,000	0,0043	0,00003	14,2	13,9	0,00291	0,0114	0,01	0,8	0,034	100,0	0,0072	0,004	0,038	0,24	0,2	0,38	1,0
g11-g13	3,5%	250	0,002	0,0109	0,00013	13,9	13,6	0,00120	0,0039	0,01	0,8	0,076	100,0	0,0042	0,030	0,116	0,46	0,2	1,16	0,6
g8-g16	0,9%	140	0,001	0,0039	0,00003	14,1	13,9	0,00143	0,0095	0,01	0,8	0,039	100,0	0,0066	0,005	0,049	0,28	0,2	0,49	0,9
g7-g16	0,7%	104	0,000	0,0044	0,00003	14,1	13,9	0,00192	0,0116	0,01	0,8	0,034	100,0	0,0072	0,003	0,038	0,24	0,2	0,38	1,0
g16 - g12	1,6%	60	0,001	0,0054	0,00006	13,9	13,9	0,00000	0,0066	0,01	0,8	0,052	100,0	0,0054	0,011	0,068	0,34	0,2	0,68	0,8

Tabel B.8 Dimensi Pipa SPALD Wilayah 4 (Lanjutan)

Jalur Pipa	Beban (%)	L Pipa	Q Peak Total (m³/s)	Vol Gelontor M3	Q min (m³/s)	Elevasi Medan		Slope Medan	Slope Pipa	n	d/D	D (m)	D cek (mm)	Qfull cek	Qmin / Qfull	d/D Cek	v/v	Vmin	tinggi renang	Vpeak
		(m)				awal	akhir											m/detik	mm	m/detik
g5-g12	1,2%	123	0,001	0,0042	0,00004	14,1	13,9	0,00163	0,0079	0,01	0,8	0,045	100,0	0,0060	0,007	0,057	0,3	0,2	5,70	0,9
g6-g12	0,8%	105	0,000	0,0041	0,00003	14,1	13,9	0,00190	0,0103	0,01	0,8	0,037	100,0	0,0068	0,004	0,044	0,26	0,2	4,40	1,0
g12-g13	3,6%	41	0,002	0,0111	0,00013	13,9	13,6	0,00732	0,0038	0,01	0,8	0,078	100,0	0,0041	0,032	0,120	0,47	0,2	12,00	0,6
g13-g2	7,9%	95	0,004	0,0107	0,00016	13,6	13,3	0,00316	0,0023	0,01	0,8	0,115	100,0	0,0032	0,051	0,150	0,54	0,2	15,00	0,5
g3-g2	14,7%	50	0,008	0,0000	0,00054	13,3	13,3	0,00000	0,0068	0,01	0,8	0,118	100,0	0,0055	0,098	0,208	0,64	0,5	20,80	0,8
g2-g1	23,9%	25	0,013	0,0000	0,00075	13,3	13,6	-0,01200	0,0051	0,01	0,8	0,149	100,0	0,0048	0,157	0,264	0,74	0,5	26,40	0,7
g4-g1	0,8%	200	0,000	0,0042	0,00004	13,9	13,6	0,00150	0,0107	0,01	0,8	0,036	100,0	0,0070	0,005	0,049	0,28	0,2	4,90	1,0
g1-g	26,3%	434	0,015	0,0000	0,01565	13,9	14,8	-0,00207	0,0017	0,01	0,8	0,190	150,0	0,0082	1,918	0,500	1	0,5	74,98	0,5
g-a	75,6%	97	0,043	0,0000	0,01571	14,8	14,8	0,00000	0,0010	0,01	0,8	0,312	250,0	0,0244	0,642	0,500	1	0,5	124,97	0,6
e3-e1	1,6%	277	0,001	0,0051	0,00010	15,1	14,8	0,00108	0,0066	0,01	0,8	0,051	100,0	0,0055	0,017	0,088	0,4	0,3	8,80	0,8
e2-e1	1,0%	252	0,001	0,0039	0,00006	14,8	14,8	0,00000	0,0093	0,01	0,8	0,040	100,0	0,0065	0,010	0,065	0,33	0,3	6,50	0,9
e1-e	2,5%	68	0,001	0,0081	0,00016	14,8	14,5	0,00441	0,0048	0,01	0,8	0,065	100,0	0,0047	0,034	0,123	0,48	0,3	12,30	0,7
f-e	2,9%	240	0,002	0,0092	0,00020	14,8	14,5	0,00125	0,0044	0,01	0,8	0,070	100,0	0,0044	0,044	0,140	0,5	0,3	14,00	0,6
e-d	11,8%	443	0,007	0,0000	0,00076	14,5	14,5	0,00000	0,0051	0,01	0,8	0,114	100,0	0,0048	0,159	0,266	0,74	0,5	26,60	0,7
d4-d3	1,3%	350	0,001	0,0044	0,00042	15,1	14,8	0,00086	0,0075	0,01	0,8	0,047	100,0	0,0058	0,072	0,180	0,59	0,4	18,01	0,8
d5-d3	0,7%	111	0,000	0,0044	0,00003	14,8	14,8	0,00000	0,0119	0,01	0,8	0,033	100,0	0,0073	0,004	0,044	0,26	0,2	4,40	1,1
d3-d1	2,2%	159	0,001	0,0069	0,00046	14,8	14,8	0,00000	0,0054	0,01	0,8	0,060	100,0	0,0049	0,094	0,204	0,63	0,4	20,40	0,7
d2-d1	1,3%	153	0,001	0,0043	0,00006	14,8	14,8	0,00000	0,0077	0,01	0,8	0,046	100,0	0,0059	0,011	0,068	0,34	0,3	6,80	0,8
d1-d	4,3%	62	0,002	0,0000	0,00057	14,8	14,5	0,00484	0,0064	0,01	0,8	0,075	100,0	0,0054	0,106	0,216	0,66	0,5	21,60	0,8
c1-c	1,9%	275	0,001	0,0058	0,00009	15,1	14,8	0,00109	0,0059	0,01	0,8	0,056	100,0	0,0052	0,018	0,091	0,4	0,3	9,10	0,7
d-c	19,1%	288	0,011	0,0000	0,00148	14,5	14,8	-0,00104	0,0032	0,01	0,8	0,150	100,0	0,0038	0,390	0,433	0,94	0,5	43,31	0,5
c-b	21,5%	68	0,012	0,0000	0,00160	14,8	14,5	0,00441	0,0032	0,01	0,8	0,156	100,0	0,0038	0,421	0,452	0,96	0,5	45,21	0,5
b2-b1	0,7%	108	0,000	0,0043	0,00004	15,1	14,8	0,00278	0,0112	0,01	0,8	0,035	100,0	0,0071	0,005	0,049	0,28	0,3	4,90	1,0
b3-b1	0,5%	67	0,000	0,0048	0,00003	15,1	14,8	0,00448	0,0141	0,01	0,8	0,029	100,0	0,0080	0,003	0,038	0,24	0,2	3,80	1,1
b1-b	2,9%	170	0,002	0,0089	0,00014	14,8	14,8	0,00000	0,0044	0,01	0,8	0,069	100,0	0,0045	0,032	0,120	0,47	0,3	12,00	0,6
b-a	24,4%	57	0,014	0,0000	0,00174	14,8	14,8	0,00000	0,0028	0,01	0,8	0,168	100,0	0,0036	0,491	0,494	1	0,5	49,40	0,5
a-ipal	100,0%	4	0,056	0,0000	0,01745	14,8	14,8	0,00000	0,0009	0,01	0,8	0,353	250,0	0,0232	0,752	0,500	1	0,5	124,97	0,5

Tabel B. 9 Penanaman pipa dan Volume Pekerjaan Tanah Wilayah 4

Jalur Pipa	hL	Elevasi dasar pipa		Kedalaman Galian (m)		Vol. Galian	Vol. Pipa	Vol. Pasir Urug	Vol. Urugan	Vol. Buang Tanah	Kebutuhan Manhole				Jumlah Manhole
		awal	akhir	awal	akhir	m3	m3	m3	m3	m3	Lurus	Belok	Pertigaan	Drop	
I2-I	1,021	12,30	11,28	0,50	2,72	227	67,64	156,34	70,40	2,85	3	-	-	-	3
I1-I	0,240	13,20	12,96	0,50	1,04	25	15,37	8,64	16,00	2,76	1	-	-	-	1
I-k	0,238	11,28	11,04	2,72	2,96	39	6,53	31,82	6,80	-	-	-	-	1	1
k1-k	0,34	13,20	12,86	0,50	1,14	23	13,45	9,00	14,00	1,69	1	-	-	-	1
k-j	0,91	11,04	10,13	2,96	3,57	253	37,28	214,54	38,80	-	1	-	-	-	2
j1-j	1,42	14,40	12,98	0,50	0,72	71	55,72	12,82	58,00	1,69	1	2	-	-	3
j-i	1,27	10,13	8,86	3,57	5,14	634	69,94	561,67	72,80	-	3	1	-	1	5
i1-i	0,60	14,10	13,50	0,50	0,50	14	13,26	(0,00)	13,80	1,61	1	-	-	-	1
i-h	0,52	8,86	8,34	5,14	6,56	379	31,13	346,93	32,40	-	-	-	-	1	1
h3-h4	1,45	14,10	12,65	0,50	2,55	195	61,49	131,44	64,00	1,82	1	4	-	-	5
h5-h4	1,47	14,70	13,23	0,50	1,97	57	22,29	34,18	23,20	0,65	1	-	-	-	1
h4-h1	0,45	12,65	12,19	2,55	3,01	80	13,83	65,68	14,40	-	-	-	-	-	-
h2-h1	0,93	14,70	13,77	0,50	1,43	65	32,28	31,20	33,60	1,50	1	-	-	-	1
h1-h	0,26	12,19	11,94	3,01	2,96	123	19,79	102,38	20,60	-	-	-	-	1	1
h-g	0,27	8,34	8,07	6,56	6,83	279	19,98	257,85	20,80	-	-	-	-	1	1
g15-g3	2,35	13,50	11,15	0,50	2,55	280	88,39	188,23	92,00	1,62	5	1	-	-	6
g14-g3	1,85	13,50	11,65	0,50	2,05	181	68,21	109,77	71,00	1,59	1	-	7	-	8
g9-g11	1,46	13,50	12,04	0,50	1,96	70	27,29	41,48	28,40	0,80	1	1	-	-	2
g10-g11	1,17	13,80	12,63	0,50	1,37	39	19,79	18,01	20,60	0,73	1	-	-	-	1
g11-g13	0,98	12,04	11,06	1,96	2,64	230	48,04	180,14	50,00	-	2	2	-	-	4
g8-g16	1,34	13,70	12,36	0,50	1,64	60	26,90	31,81	28,00	0,87	1	1	1	-	3
g7-g16	1,21	13,70	12,49	0,50	1,51	42	19,98	20,96	20,80	0,71	1	-	-	-	1
g16 - g12	0,40	12,36	11,97	1,64	2,03	44	11,53	32,00	12,00	-	-	-	-	-	-

Tabel B. 9 Penanaman pipa dan Volume Pekerjaan Tanah Wilayah 4 (Lanjutan)

Jalur Pipa	hL	Elevasi dasar pipa		Kedalaman Galian (m)		Vol. Galian	Vol. Pipa	Vol. Pasir Urug	Vol. Urugan	Vol. Buang Tanah	Kebutuhan Manhole				Jumlah Manhole
		awal	akhir	awal	akhir	m3	m3	m3	m3	m3	Lurus	Belok	Pertigaan	Drop	
g5-g12	0,98	13,70	12,72	0,50	1,28	44	23,63	19,08	24,60	1,04	1	1	-	-	2
g6-g12	1,08	13,70	12,62	0,50	1,38	39	20,18	18,48	21,00	0,80	1	-	-	-	1
g12-g13	0,16	12,62	12,46	1,38	1,24	21	7,88	13,25	8,20	-	-	-	-	-	-
g13-g2	0,22	13,20	12,98	0,50	0,42	17	18,25	(1,61)	19,00	3,65	-	1	-	-	1
g3-g2	0,34	11,15	10,81	2,25	2,59	48	9,61	38,32	10,00	-	-	-	-	-	-
g2-g1	0,13	10,81	10,69	2,59	3,01	28	4,80	23,00	5,00	-	-	-	-	-	-
g4-g1	2,14	13,50	11,36	0,50	2,34	114	38,43	73,72	40,00	0,77	2	-	-	-	2
g1-g	0,74	10,69	9,95	3,31	4,95	807	99,75	699,65	107,42	-	2	1	-	1	4
g-a	0,10	8,07	7,97	6,83	6,93	334	26,77	302,25	31,53	-	-	-	-	1	1
e3-e1	1,84	14,70	12,86	0,50	2,04	140	53,23	85,05	55,40	1,25	1	2	-	-	3
e2-e1	2,34	14,40	12,06	0,50	2,84	168	48,42	117,75	50,40	0,89	1	3	-	-	4
e1-e	0,33	12,06	11,73	2,84	2,87	78	13,07	63,94	13,60	-	-	-	-	1	1
f-e	1,05	14,40	13,35	0,50	1,25	84	46,12	36,17	48,00	1,88	2	-	-	-	2
e-d	2,26	11,73	9,48	2,87	5,12	708	85,12	619,26	88,60	-	4	1	-	1	6
d4-d3	2,63	14,70	12,07	0,50	2,83	233	67,25	163,33	70,00	1,10	1	5	-	-	6
d5-d3	1,32	14,40	13,08	0,50	1,82	52	21,33	29,35	22,20	0,69	1	-	-	-	1
d3-d1	0,85	12,07	11,21	2,83	3,69	207	30,55	175,58	31,80	-	-	-	1	1	2
d2-d1	1,17	14,40	13,23	0,50	1,67	66	29,40	35,86	30,60	1,08	1	2	-	-	3
d1-d	0,40	11,21	10,82	3,69	3,78	93	11,91	80,26	12,40	-	-	-	-	1	1
c1-c	1,63	14,70	13,07	0,50	1,83	128	52,84	72,96	55,00	1,40	1	3	-	-	4
d-c	0,92	9,48	8,55	5,12	6,35	661	55,34	603,09	57,60	-	-	1	1	1	3
c-b	0,22	8,55	8,34	6,35	6,26	171	13,07	157,89	13,60	-	-	-	1	1	2
b2-b1	1,21	14,70	13,49	0,50	1,41	41	20,75	19,56	21,60	0,74	1	-	1	-	2
b3-b1	0,95	14,70	13,75	0,50	1,15	22	12,87	8,65	13,40	0,59	1	-	-	-	1
b1-b	0,75	13,49	12,74	1,41	2,16	121	32,67	87,18	34,00	-	-	-	-	-	-
b-a	0,16	8,34	8,18	6,56	6,72	151	10,95	140,07	11,40	-	-	-	-	1	1
a-ipal	0,00	7,97	7,97	6,93	6,93	14	1,10	12,56	1,30	-	-	-	-	-	-

“Halaman ini sengaja dikosongkan.”

LAMPIRAN C GAMBAR DETAIL

“Halaman ini sengaja dikosongkan.”



- = Batas Desa
- = Jalan
- = Badan Air
- = Garis Kontur
- = Lokasi IPALD
- = Aliran Air Limbah
- = Pipa SPALD
- = Manhole Lurus
- = Manhole Belok
- = Manhole Pertigaan
- = Manhole Perempatan
- = Rel Kereta

KEGIATAN:

TUGAS AKHIR PERENCANAAN SISTEM
PENYALURAN AIR LIMBAH DOMESTIK (SPALD)
DAN INSTALASI AIR LIMBAH DOMESTIK (IPALD)
DI KECAMATAN KRAN KABUPATEN SIDOARJO

INSTITUT:

DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

DOSEN PEMBIMBING:

Ir. Eddy Setiadi Soedjono, Dipl. S.E.M. Sc. Ph.D.

MAHASISWA PERENCANA:

Ahmad Shodiq - 3312100068

JUDUL GAMBAR:

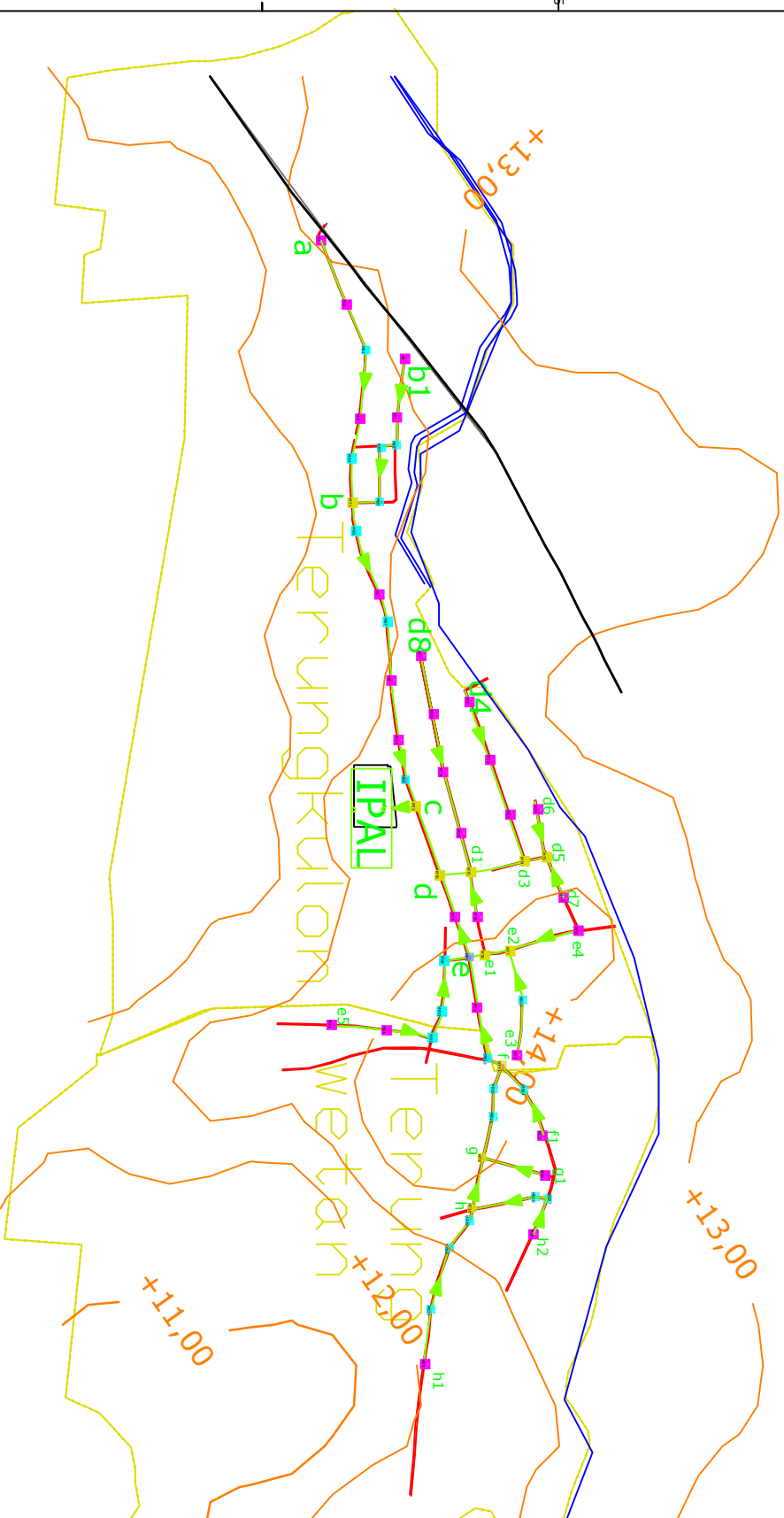
PETA SPALD WILAYAH 1
(TERUNGWETAN - TERUNGKULON)

NOMOR

U

SKALA

1:15.000



112,60

112,61

112,62



- = Batas Desa
- = Jalan
- = Badan Air
- = Garis Kontur
- = Lokasi IPALD
- = Aliran Air Limbah
- = Pipa SPALD
- = Manhole Lurus
- = Manhole Belok
- = Manhole Pertigaan

KEGIATAN:

TUGAS AKHIR PERENCANAAN SISTEM
PENYALURAN AIR LIMBAH DOMESTIK (SPALD)
DAN INSTALASI AIR LIMBAH DOMESTIK (IPALD)
DI KECAMATAN KRAN KABUPATEN SIDOARJO

INSTITUT:

DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

DOSEN PEMBIMBING:

Ir. Eddy Setiadi Soedjono, Dipl. S.E.M, Sc. Ph.D

MAHASISWA PERENCANA:

Ahmad Shodiq - 3312100068

JUDUL GAMBAR:

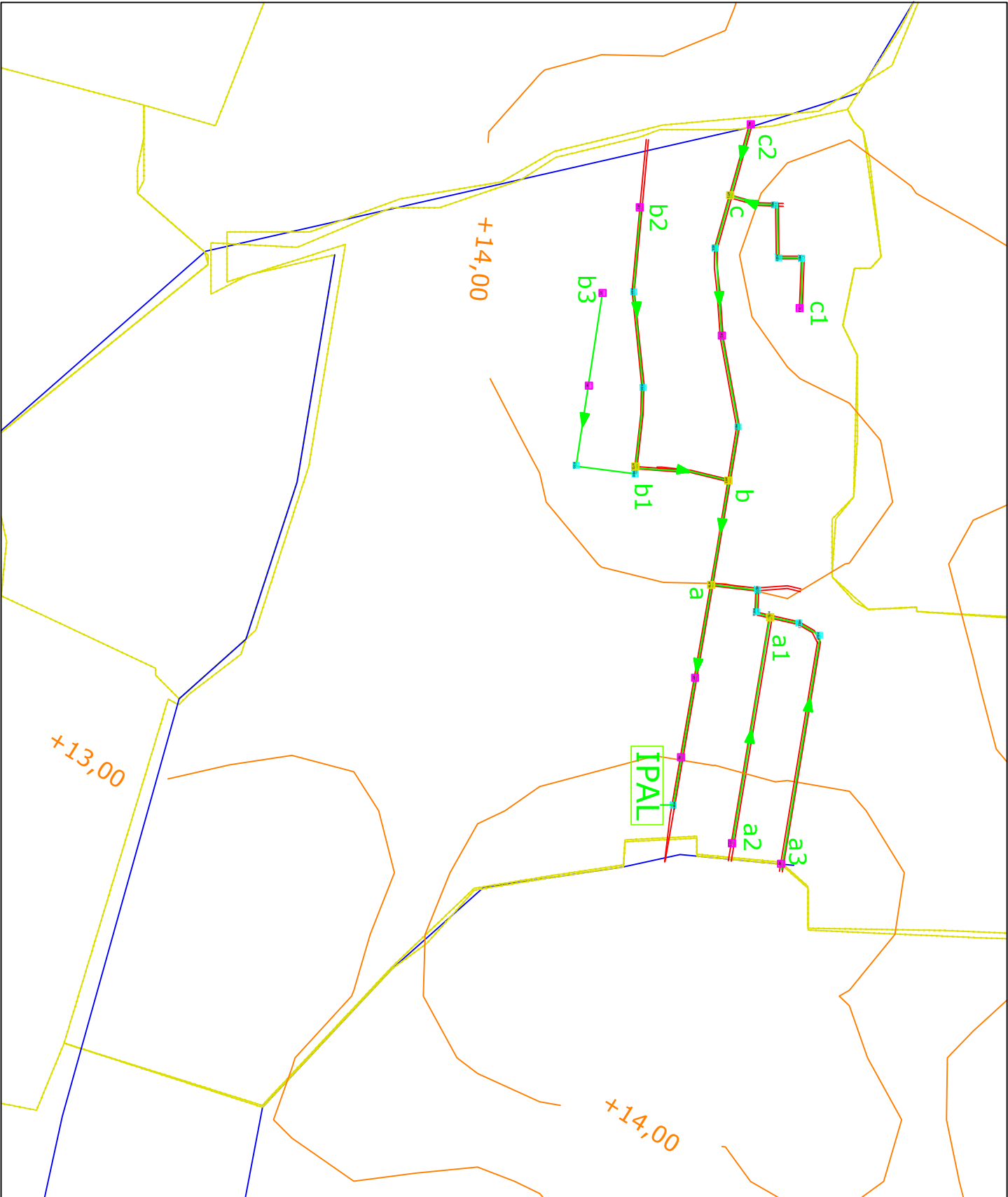
PETA SPALD WILAYAH 2 (JERUKAMPING)

NOMOR

U

SKALA

1:7.000



+14,00

+13,00

+14,00

112,585

112,59

112,595

7,41

7,415



- = Batas Desa
- = Jalan
- = Badan Air
- = Garis Kontur
- IPAL** = Lokasi IPALD
- = Aliran Air Limbah
- = Pipa SPALD
- = Manhole Lurus
- = Manhole Belok
- = Manhole Pertigaan

KEGIATAN:

TUGAS AKHIR PERENCANAAN SISTEM
PENYALURAN AIR LIMBAH DOMESTIK (SPALD)
DAN INSTALASI AIR LIMBAH DOMESTIK (IPALD)
DI KECAMATAN KRAN KABUPATEN SIDOARJO

INSTITUT:

DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

DOSEN PEMBIMBING:

Ir. Eddy Setiadi Soedjono, Dipl. SEM, Sc. Ph. D

MAHASISWA PERENCANA:

Ahmad Shodiq - 3312100068

JUDUL GAMBAR:

PETA SPALD WILAYAH 3 (GAMPING - TERIK)

NOMOR

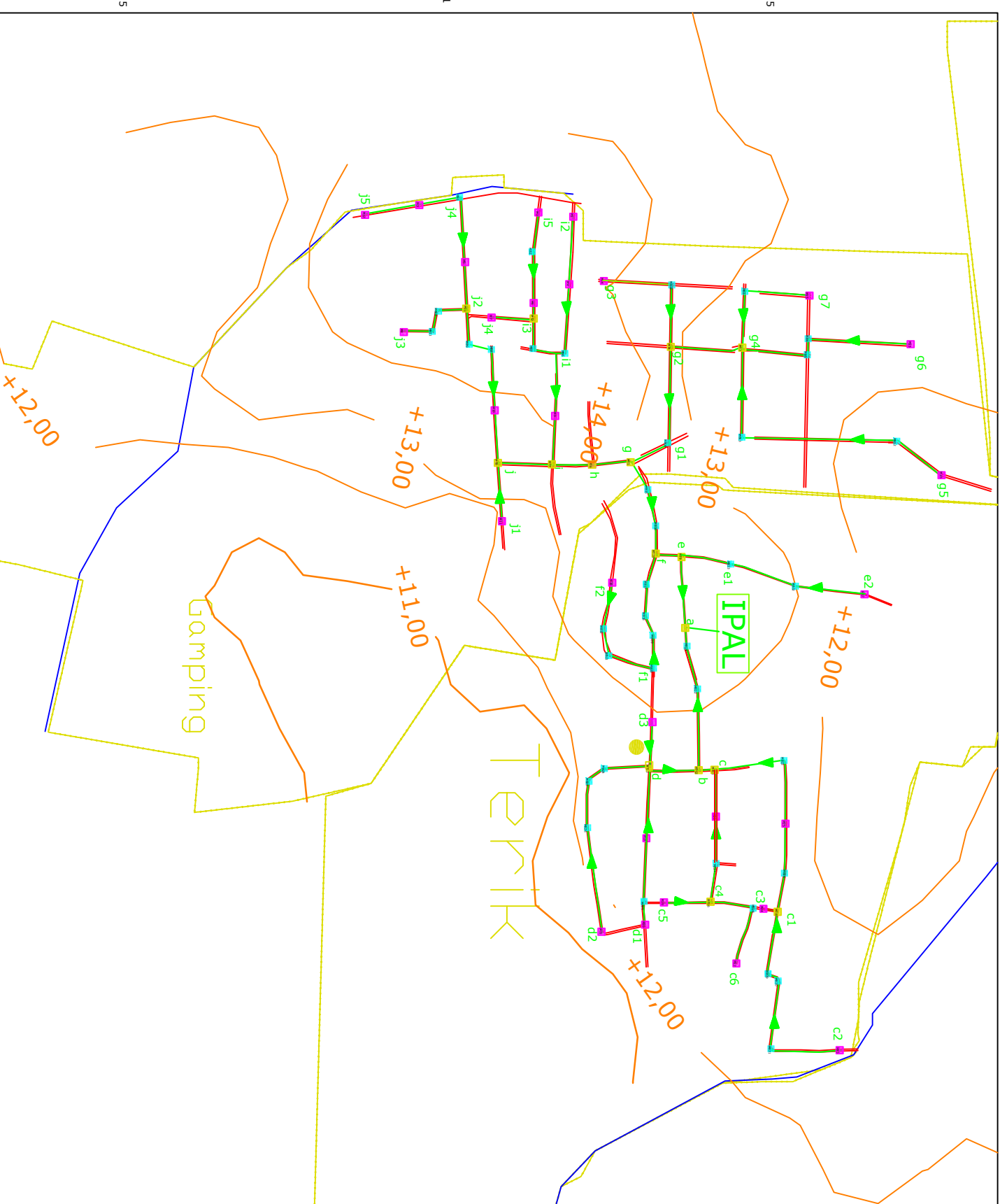
U

SKALA

1:10.000



112,59 112,595 112,60 112,605





- = Batas Desa
- = Jalan
- = Badan Air
- = Garis Kontur
- = Lokasi IPALD
- = Aliran Air Limbah
- = Pipa SPALD
- = Manhole Lurus
- = Manhole Belok
- = Manhole Pertigaan

KEGIATAN:
TUGAS AKHIR PERENCANAAN SISTEM
PENYALURAN AIR LIMBAH DOMESTIK (SPALD)
DAN INSTALASI AIR LIMBAH DOMESTIK (IPALD)
DI KECAMATAN KRAN KABUPATEN SIDOARJO

INSTITUT:
DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

DOSEN PEMBIMBING:
Ir. Eddy Setiadi Soedjono, Dipl. S.E.M, Sc. Ph.D

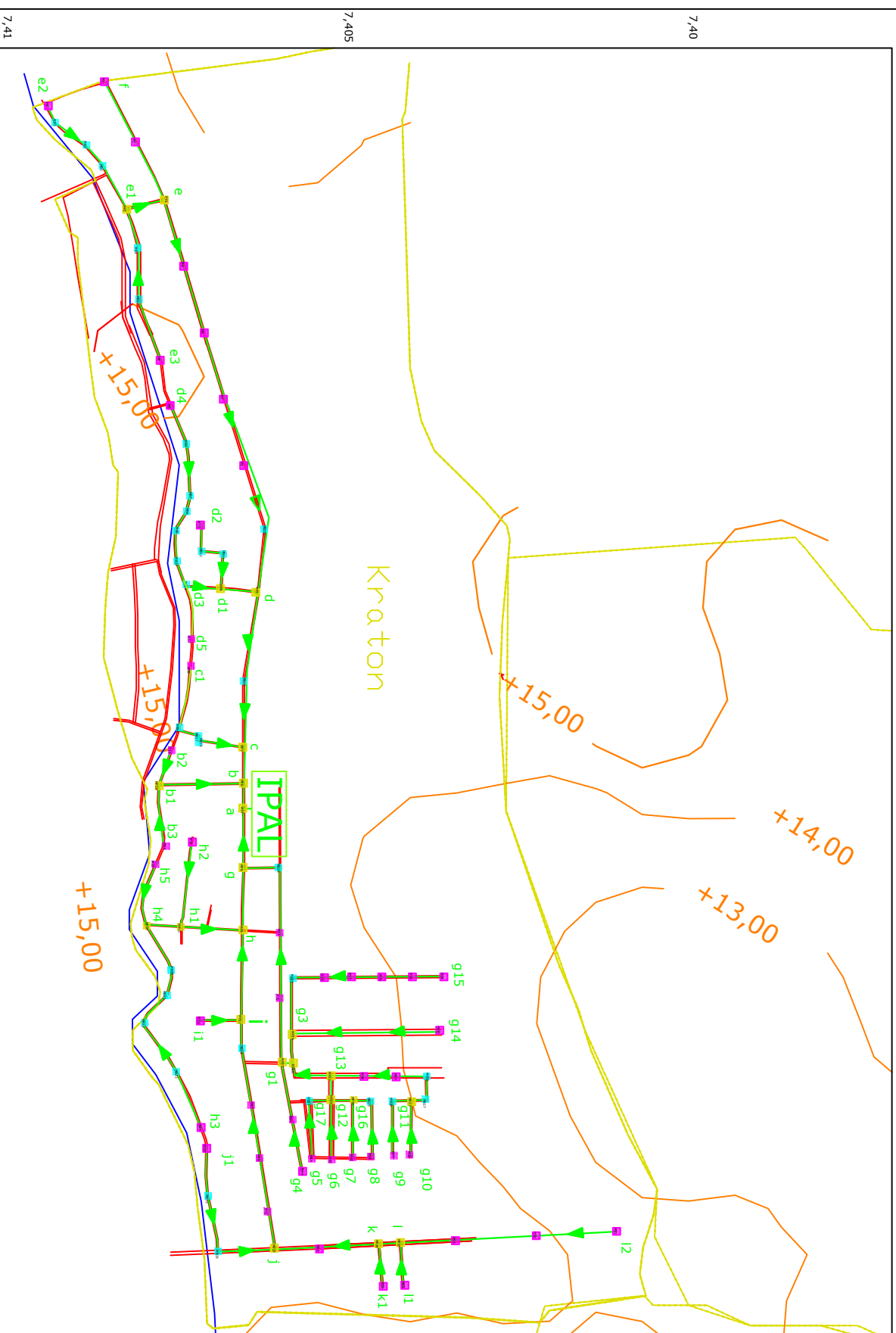
MAHASISWA PERENCANA:
Ahmad Shodiq - 3312100068

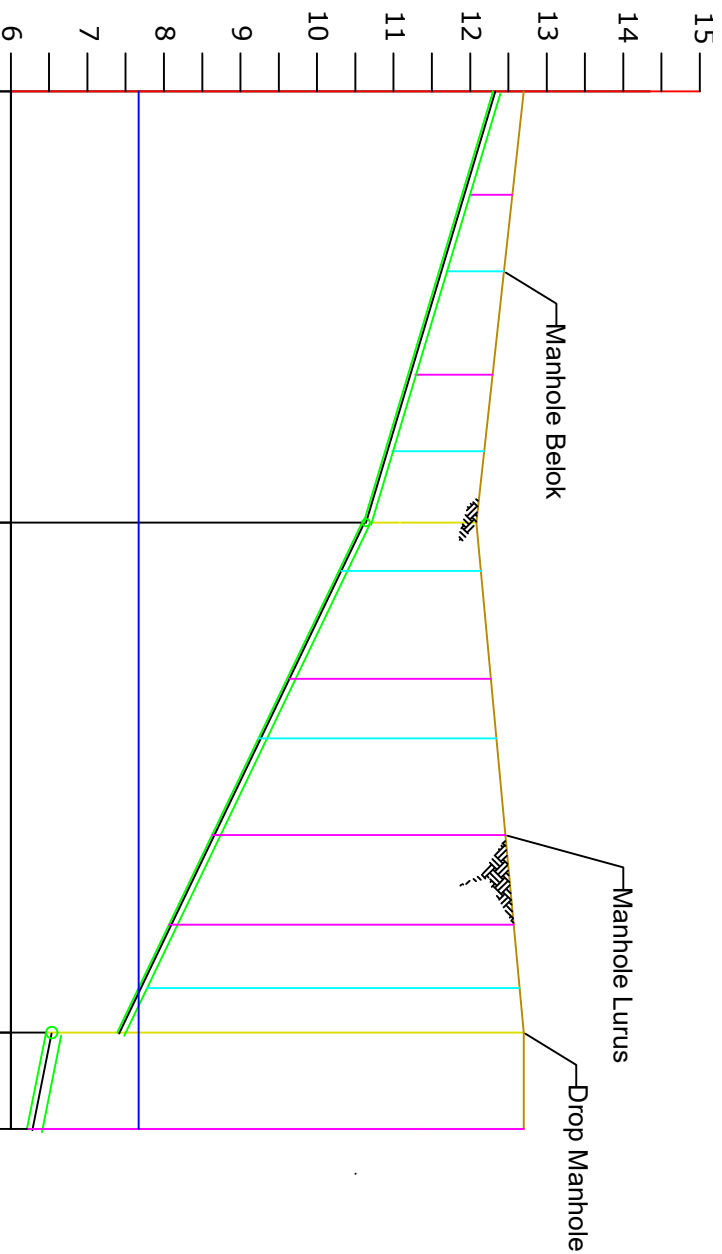
JUDUL GAMBAR:
PETA SPALD WILAYAH 4 (KRATON)

NOMOR SKALA

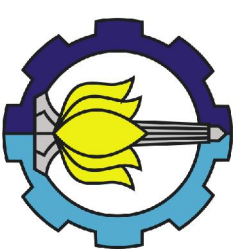
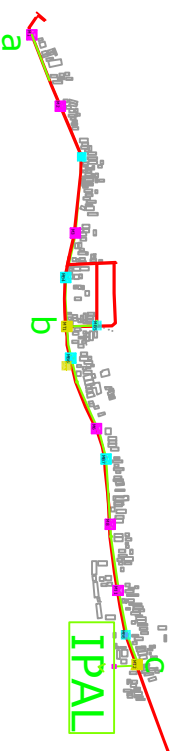


1:10.000





Jalur Pipa	A	B	C	IPAL
Diameter Pipa (mm)	100	150	250	
Muka Tanah (m)	12,7	12,1	12,7	12,7
Panjang Pipa (m)	563		126	
Panjang Menerus (m)	0	563	1229	1355
Elevasi Dasar Pipa (m)	12,3	10,59	7,39	6,46
Kedalaman Tanam (m)	0,5	1,61	5,41	6,34
Jenis Manhole	LURUS	PERTIGAAN	DROP	



- = Elevasi Muka Tanah
- = Elevasi Muka Air Tanah
- = Elevasi Pipa
- = Tinggi Renang
- ▨ = Tanah

INSTITUT:

DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

DOSEN PEMBIMBING:

Ir. Eddy Setiadi Soedjono, Dipl.SE.M.Sc.Ph.D

MAHASISWA PERENCANA:

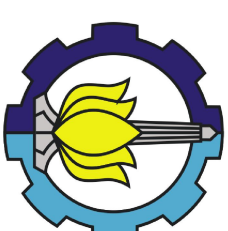
Ahmad Shodiq - 3312100068

JUDUL GAMBAR:

PROFIL HIDROLIS JALUR PRIMER SPALD
WILAYAH 1 [1]

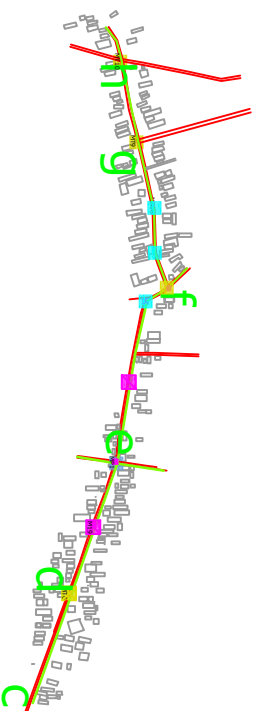
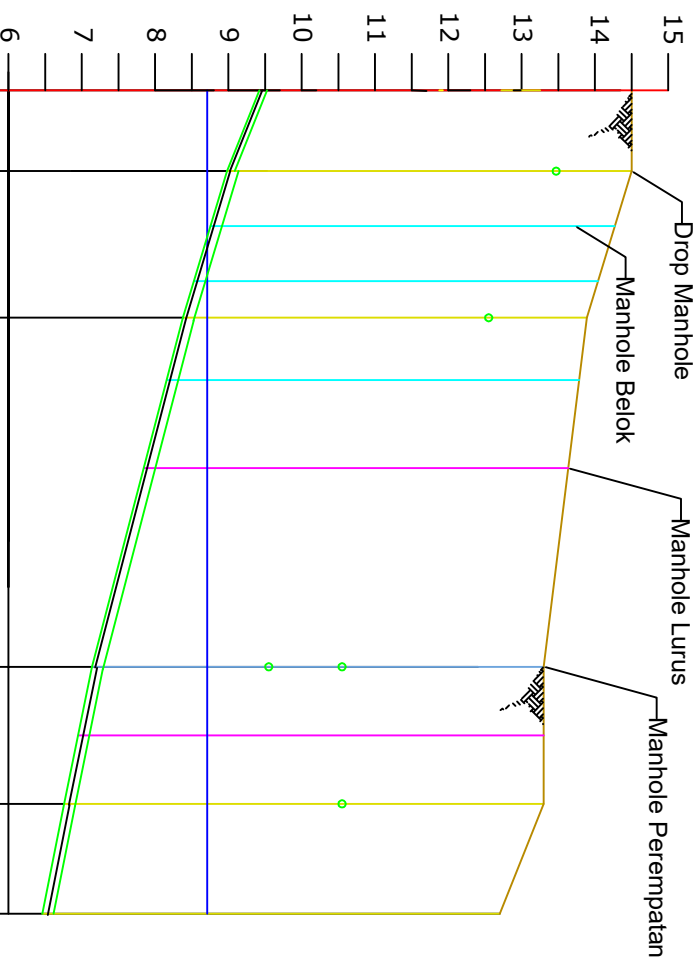
GAMBAR C.5

SKALA HORIZONTA
1:10.000
SKALA VERTIKAL
1:100



- = Elevasi Muka Tanah
- = Elevasi Muka Air Tanah
- = Elevasi Pipa
- = Tinggi Renang
- = Tanah

Jalur Pipa	h	g	f	e	d	c
Diameter Pipa (mm)	100	150	150	150	150	
Muka Tanah (m)	14,5	14,5	13,9	13,3	13,3	12,7
Panjang Pipa (m)	110	200		476	187	150
Panjang Menerus (m)	0	110	310		786	973
Elevasi Dasar Pipa (m)	9,42	8,98	8,38		7,14	7,14 6,76 9,79 9,67
Kedalaman Tanam (m)	5,18	5,62	5,62		5,62	6,26 6,64 6,34
Jenis Manhole		DROP		DROP	PEREMPATAN	DROP



INSTITUT:

DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

DOSEN PEMBIMBING:

Ir. Eddy Setiadi Soedjono, Dipl.,SE,M.Sc.,Ph.D

MAHASISWA PERENCANA:

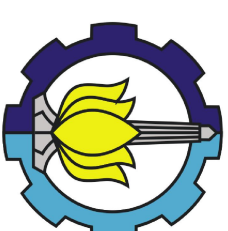
Ahmad Shodiq - 3312100068

JUDUL GAMBAR:

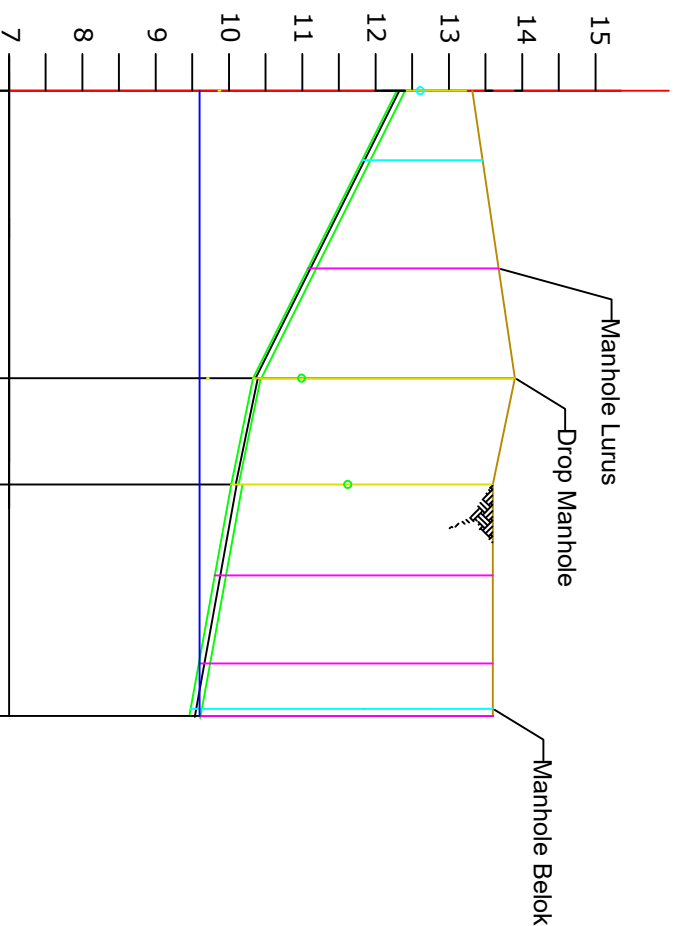
PROFIL HIDROLIS JALUR PRIMER SPALD (2)
WILAYAH 1 [2]

GAMBAR C.6

SKALA HORIZONTAL
1:10.000
SKALA VERTIKAL
1:100



- = Elevasi Muka Tanah
- = Elevasi Muka Air Tanah
- = Elevasi Pipa
- = Tinggi Renang
- = Tanah



Jalur Pipa
Diameter Pipa (mm)
Panjang Pipa (m)
Panjang Menelus (m)
Muka Tanah (m)
Elevasi Dasar Pipa (m)
Kedalaman Tanam (m)
Jenis Manhole

c	b	a	IPALD
100	100	150	
392	145	306	
0	392	537	843
13,3	13,9	13,6	13,6
12,29	10,33	10,03	9,46
1,1	3,66	3,67	4,24
PERTIGAAN	DROP	DROP	BLOK



INSTITUT:

DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

DOSEN PEMBIMBING:

Ir. Eddy Setiadi Soedjono, Dipl. SE.M. Sc. Ph.D

MAHASISWA PERENCANA:

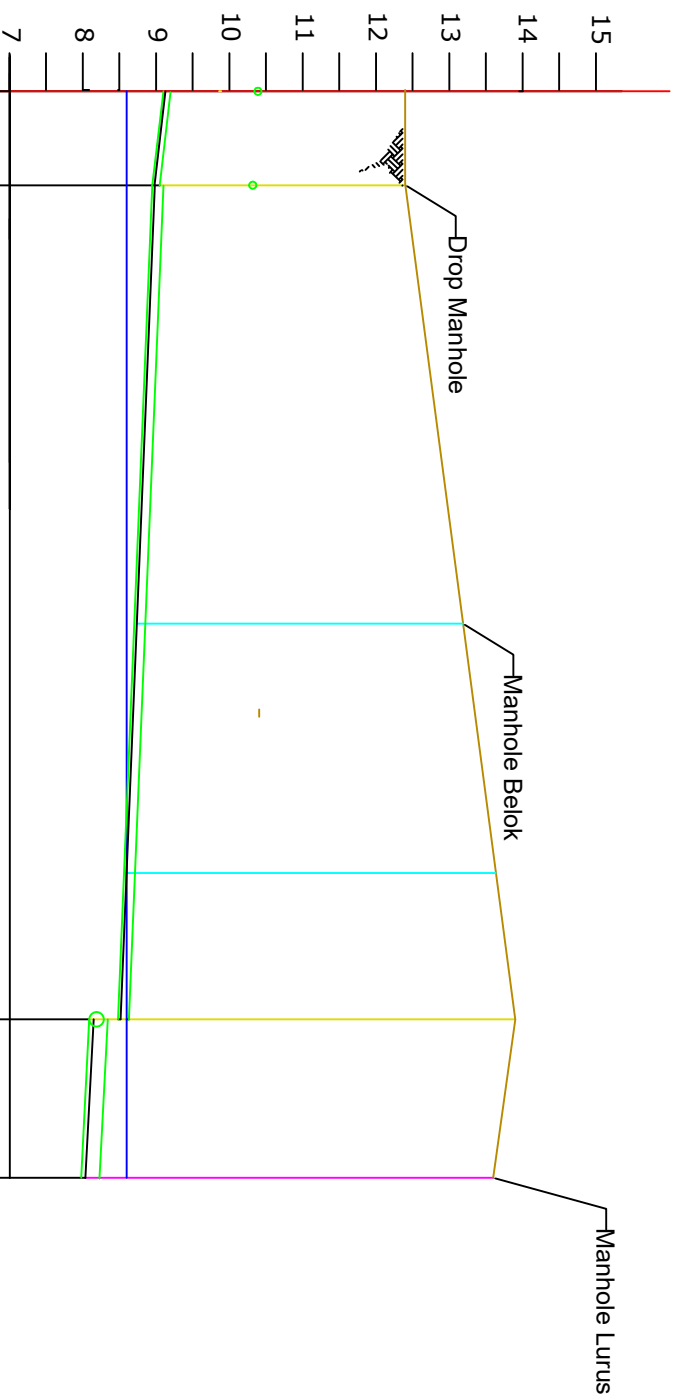
Ahmad Shodiq - 3312100068

JUDUL GAMBAR:

PROFIL HIDROLIS JALUR PRIMER SPALD
WILAYAH 2

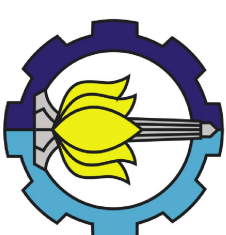
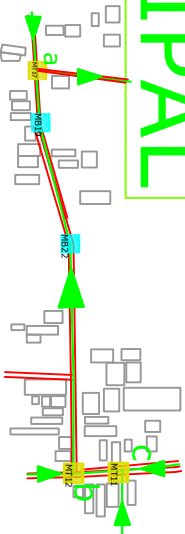
GAMBAR C.7

SKALA HORIZONTAL
1:10.000
SKALA VERTIKAL
1:100



Jalur Pipa	c	b	a	IPAL
Diameter Pipa (mm)	100	150	250	
Panjang Pipa (m)	32	285	54	
Panjang Menerus (m)	0	32	317	371
Muka Tanah (m)	12,4	12,4	13,9	13,6
Elevasi Dasar Pipa (m)	9,6	9,45	8,48	8,09
Kedalaman Tanam (m)	2,9	3,05	5,52	5,91
Jenis Manhole	DROP	DROP	PERTIGAAN	

IPAL



- = Elevasi Muka Tanah
- = Elevasi Muka Air Tanah
- = Elevasi Pipa
- = Tinggi Renang
- ▨ = Tanah

INSTITUT:

DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

DOSEN PEMBIMBING:

Ir. Eddy Setiadi Soedjono, Dipl.,SE,M.Sc.,Ph.D

MAHASISWA PERENCANA:

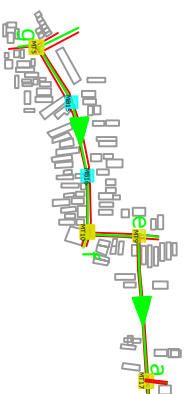
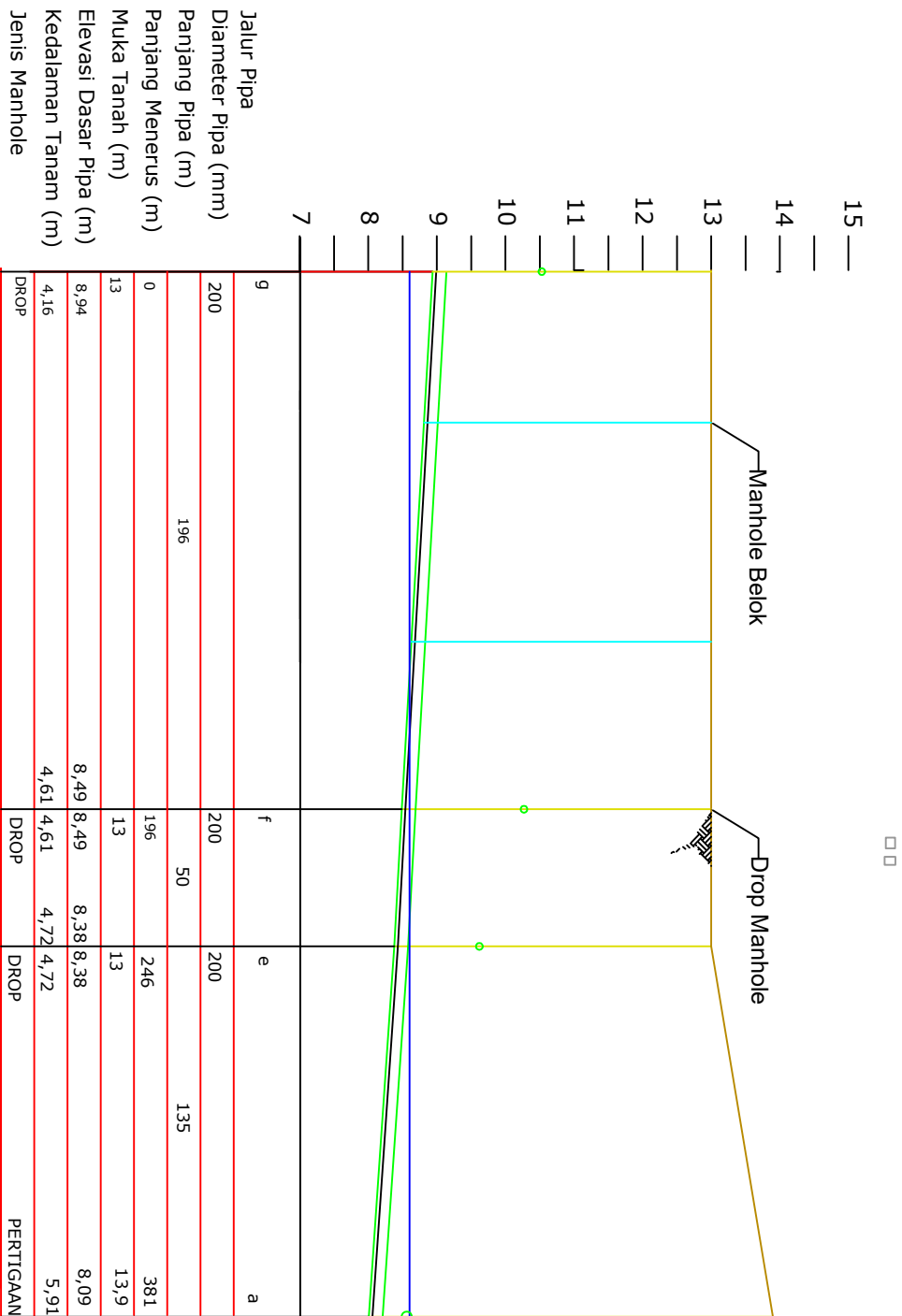
Ahmad Shodiq - 3312100068

JUDUL GAMBAR:

PROFIL HIDROLIS JALUR PRIMER SPALD
WILAYAH 3 [1]

GAMBAR C.8

SKALA HORIZONTAL
1:2.500
SKALA VERTIKAL
1:100



- = Elevasi Muka Tanah
- = Elevasi Muka Air Tanah
- = Elevasi Pipa
- = Tinggi Renang
- = Tanah

INSTITUT:

DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

DOSEN PEMBIMBING:

Ir. Eddy Setiadi Soedjono, Dipl.,SE,M.Sc.,Ph.D

MAHASISWA PERENCANA:

Ahmad Shodiq - 3312100068

JUDUL GAMBAR:

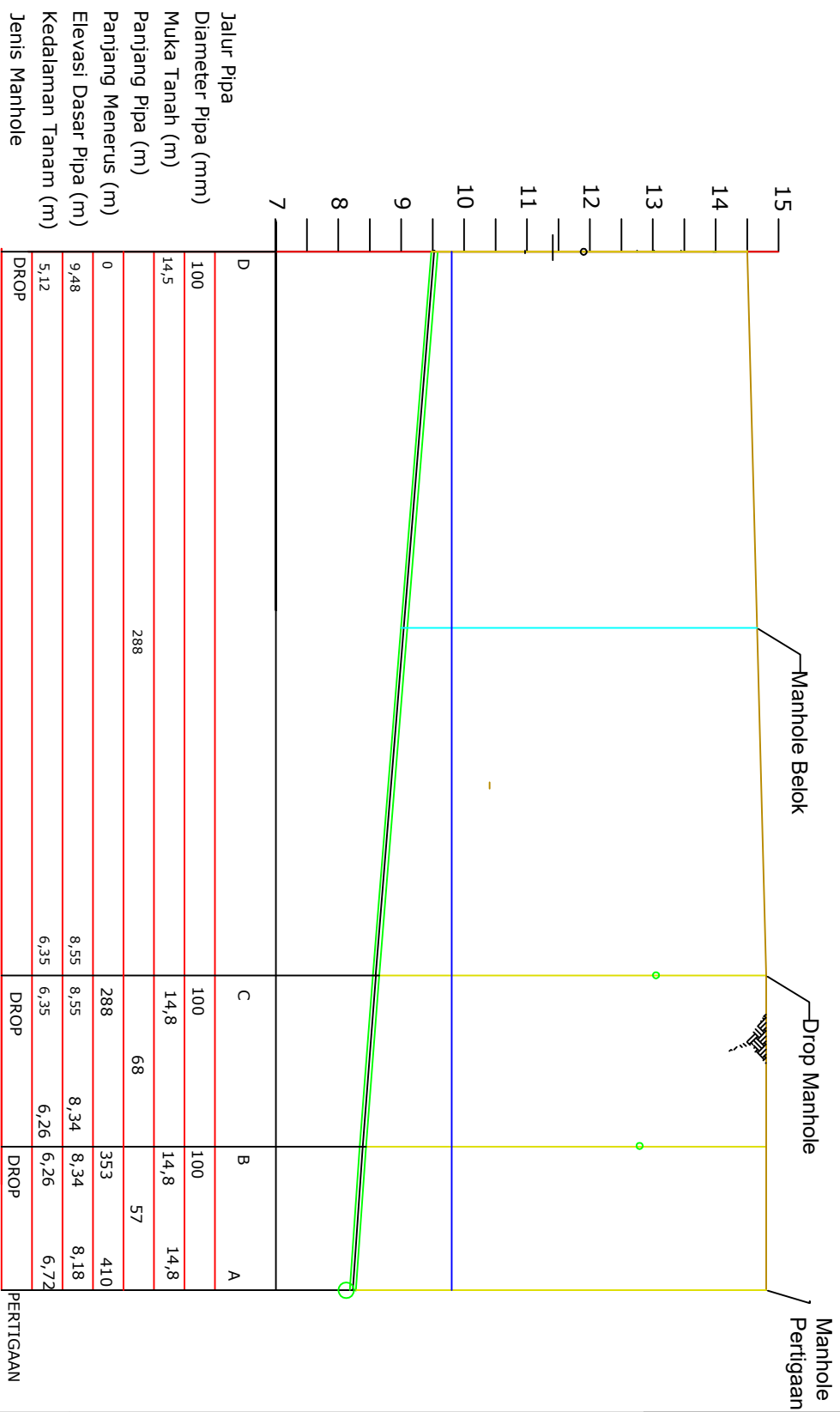
PROFIL HIDROLIS JALUR PRIMER SPALD
WILAYAH 3 [2]

GAMBAR C.9

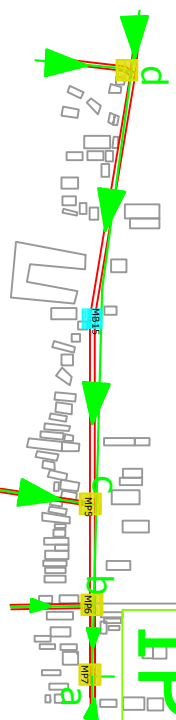
SKALA HORIZONTAL
1:2.500
SKALA VERTIKAL
1:100



- = Elevasi Muka Tanah
- = Elevasi Muka Air Tanah
- = Elevasi Pipa
- = Tinggi Renang
- ▨ = Tanah



IPAL



DOSEN PEMBIMBING:
Ir. Eddy Setiadi Soedjono, Dipl.,SE,M.Sc.,Ph.D

MAHASISWA PERENCANA:
Ahmad Shodiq - 3312100068

JUDUL GAMBAR:
PROFIL HIDROLIS JALUR PRIMER SPALD
WILAYAH 4 [1]

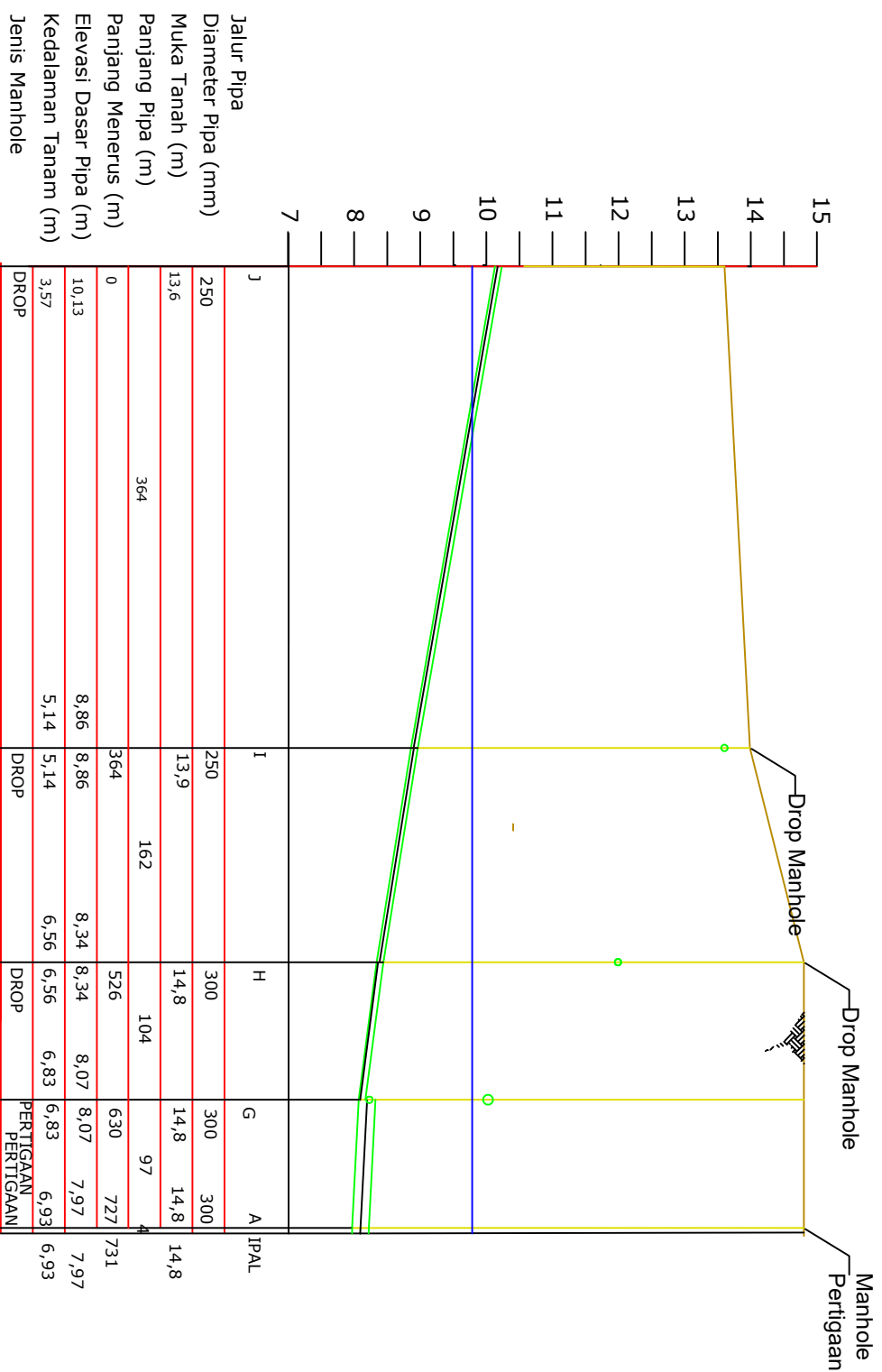
GAMBAR C.10

SKALA HORIZONTAL
1:2.500

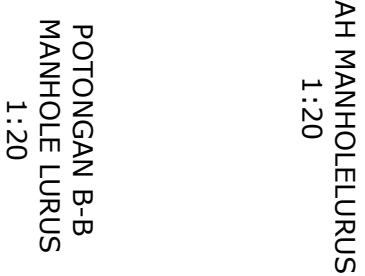
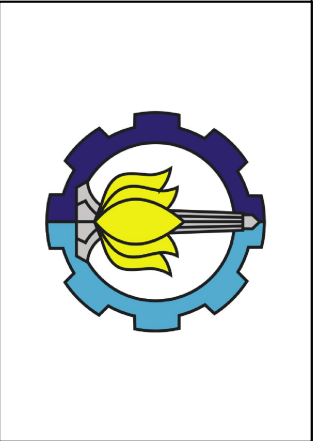
SKALA VERTIKAL
1:100



- = Elevasi Muka Tanah
- = Elevasi Muka Air Tanah
- = Elevasi Pipa
- = Tinggi Renang
- = Tanah



INSTITUT: DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA	
DOSEN PEMBIMBING: Ir. Eddy Setiadi Soedjono, Dipl. SE.M.Sc.Ph.D	
MAHASISWA PERENCANA: Ahmad Shodiq - 3312100068	
JUDUL GAMBAR: PROFIL HIDROLIS JALUR PRIMER SPALD WILAYAH 4 (KRATON) [2]	
GAMBAR C.11	SKALA HORIZONTAL 1:5.000 SKALA VERTIKAL 1:100



POTONGAN A-A
MANHOLE LURUS
1:20



DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

Ir. Eddy Setiadi Soedjono, Dipl.SE.M.Sc.Ph.D

Ahmad Shodiq - 3312100068

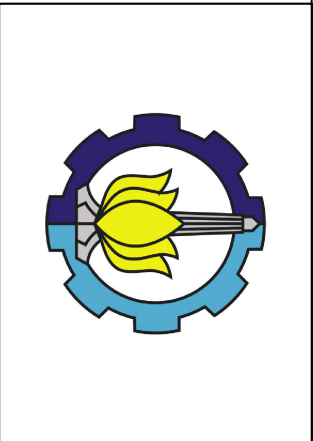
Ahmad Shodiq - 3312100068

MANHOLE LURUS

MANHOLE LURUS

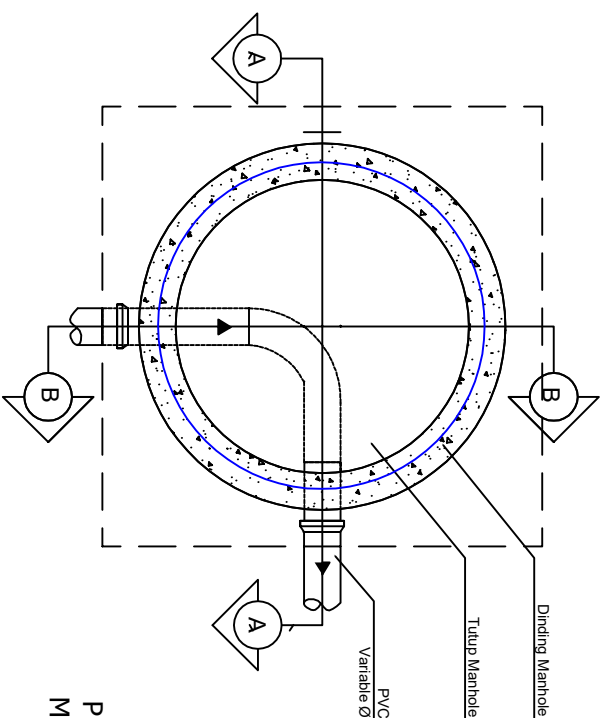
SKALA

1:20

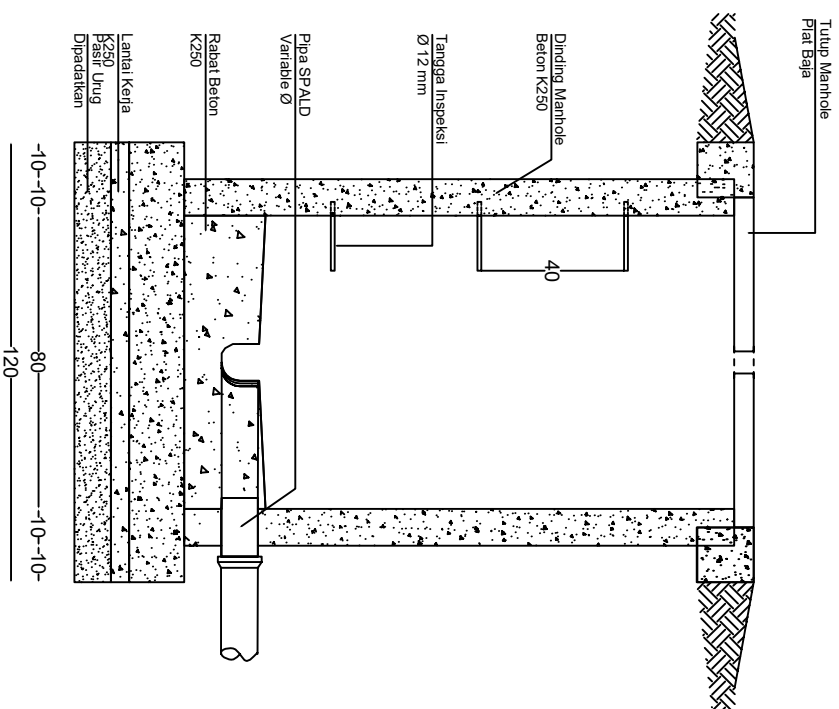



The diagram illustrates a circular tunnel with a central PVC pipe. Four manholes are located around the tunnel: Manhole A at the top, Manhole B at the bottom, Manhole P on the left, and Manhole M on the right. The central PVC pipe has a variable diameter, indicated by the label 'PVC Variable Ø'. The tunnel is shown in cross-section, with the central pipe and the surrounding tunnel structure. Arrows indicate the flow direction from the manholes into the central pipe.


Tutup Manhole
Plat Baja



Tutup Manhole
Plat Baja



 = Beton

 = Tanah

DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

Ir. Eddy Setiadi Soedjono, Dipl.SE.M.Sc.Ph.D

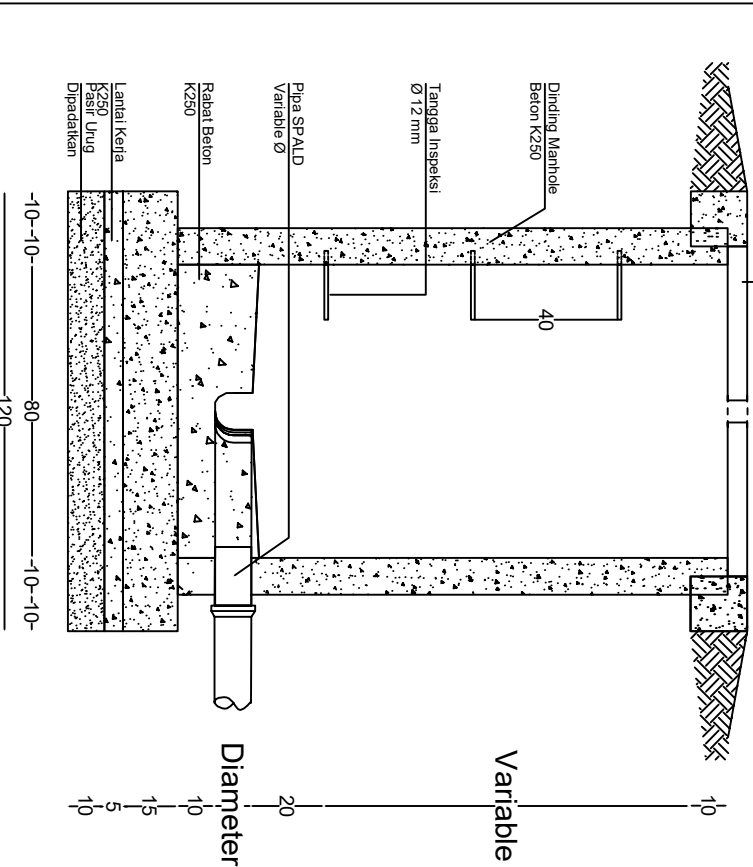
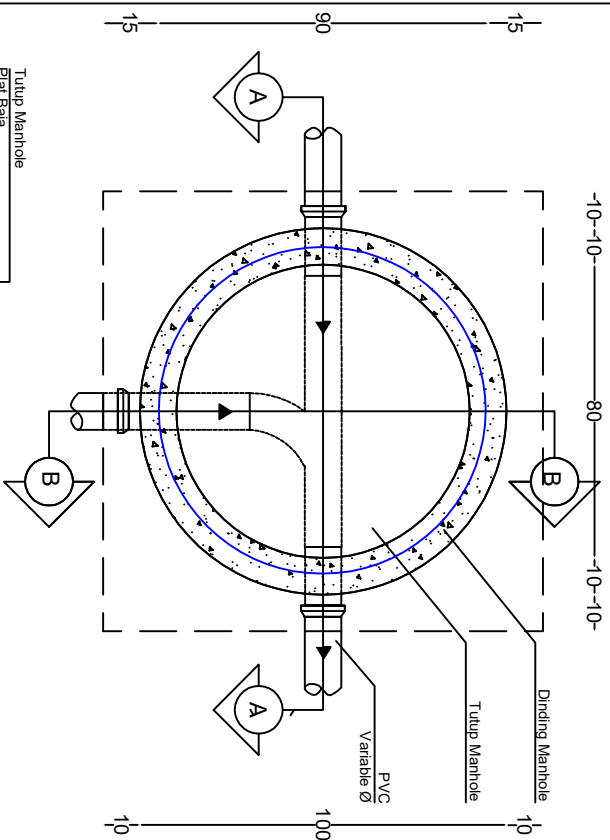
Ahmad Shodiq - 3312100068

GAMBAR C.13	SKALA 1:50
-------------	---------------

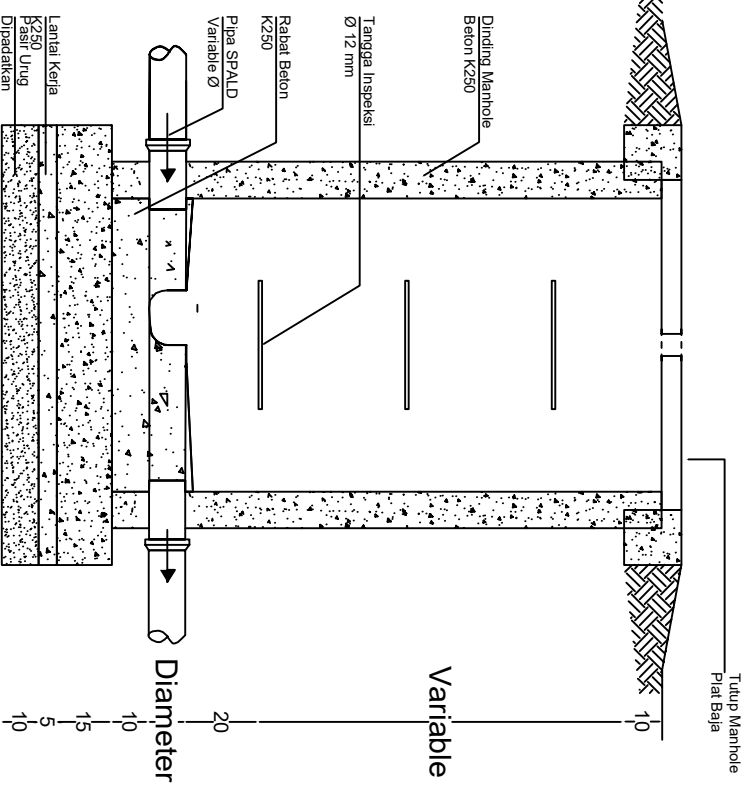
SKALA
1:50





DENAH MANHOLE PERTIGAAN 1:20



POTNGAN A-A MANHOLE PERTIGAAN 1:20



POTONGAN B-B MANHOLE PERTIGAAN 1:20

 = Beton
 = Tanah

INSTITUT:

DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

DOSEN PEMBIMBING:

Ir. Eddy Setiadi Soedjono, Dipl. SE, M. Sc, Ph. D

MAHASISWA PERENCANA:

Ahmad Shodiq - 3312100068

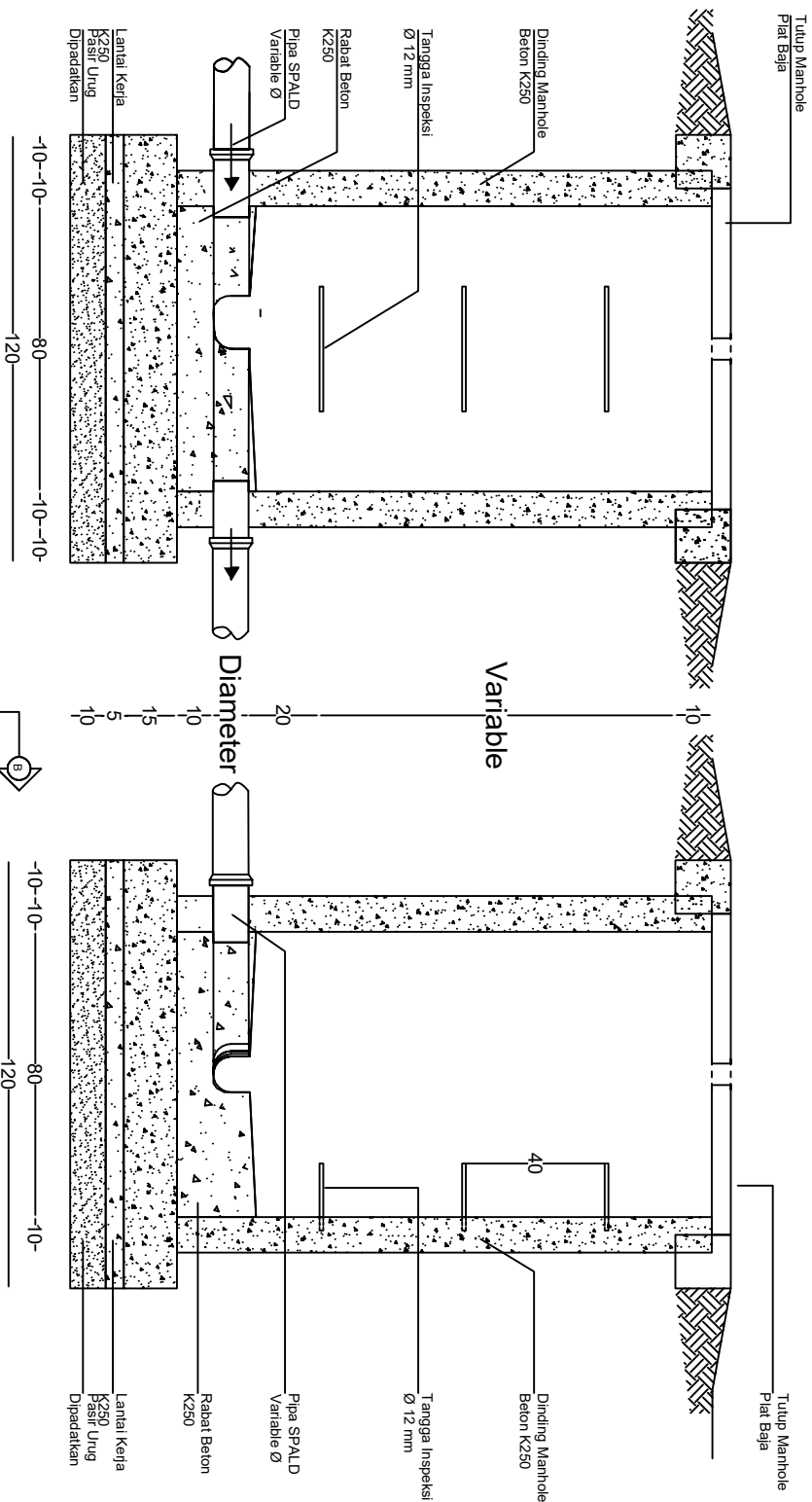
JUDUL GAMBAR:

MANHOLE PERTIGAAN

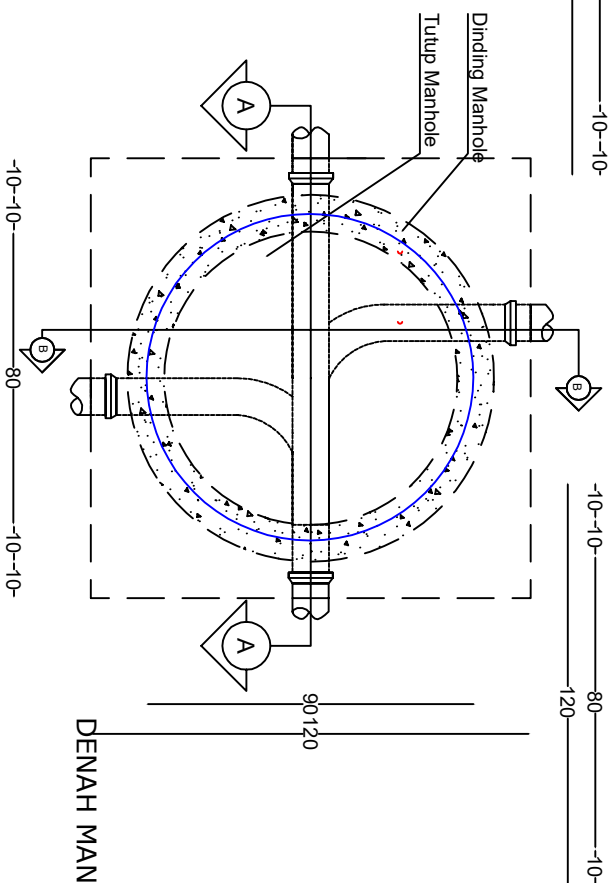
GAMBAR C.15

SKALA

1:20





POTONGAN A-A
MANHOLE PERTIGAAN
1:20



DENAH MANHOLE PEREMPATAN
1:20

POTONGAN B-B
MANHOLE PEREMPATAN
1:20



 = Beton
 = Tanah

INSTITUT:
DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

DOSEN PEMBIMBING:
Ir. Eddy Setiadi Soedjono, Dipl. SE, M. Sc., Ph. D



MAHASISWA PERENCANA:
Ahmad Shodiq - 3312100068

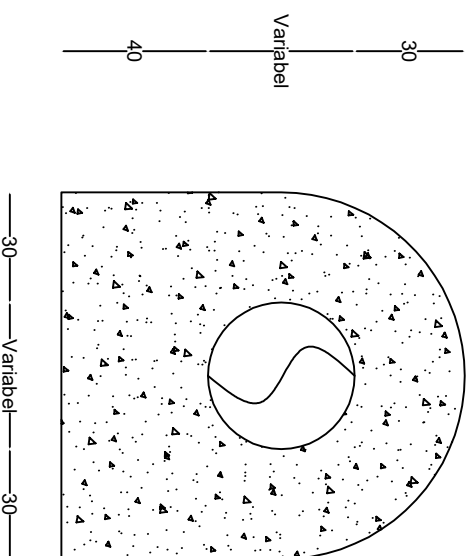
JUDUL GAMBAR:
MANHOLE PEREMPATAN

GAMBAR C.14

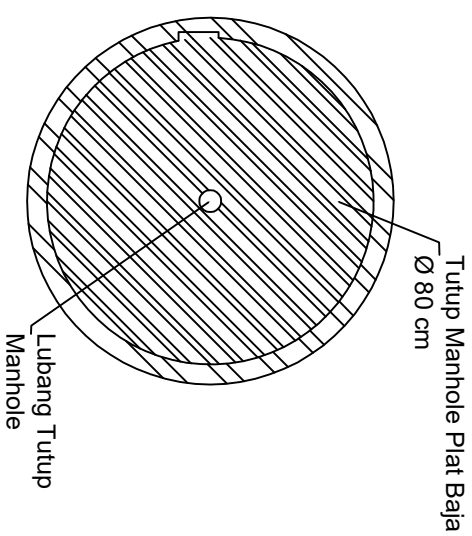
SKALA
1:50



 = Beton
 = Tanah



BEDDING PIPA
1:20



INSTITUT:

DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

DOSEN PEMBIMBING:

Ir. Eddy Setiadi Soedjono, Dipl.,SE,M.Sc.,Ph.D

MAHASISWA PERENCANA:

Ahmad Shodiq - 3312100068

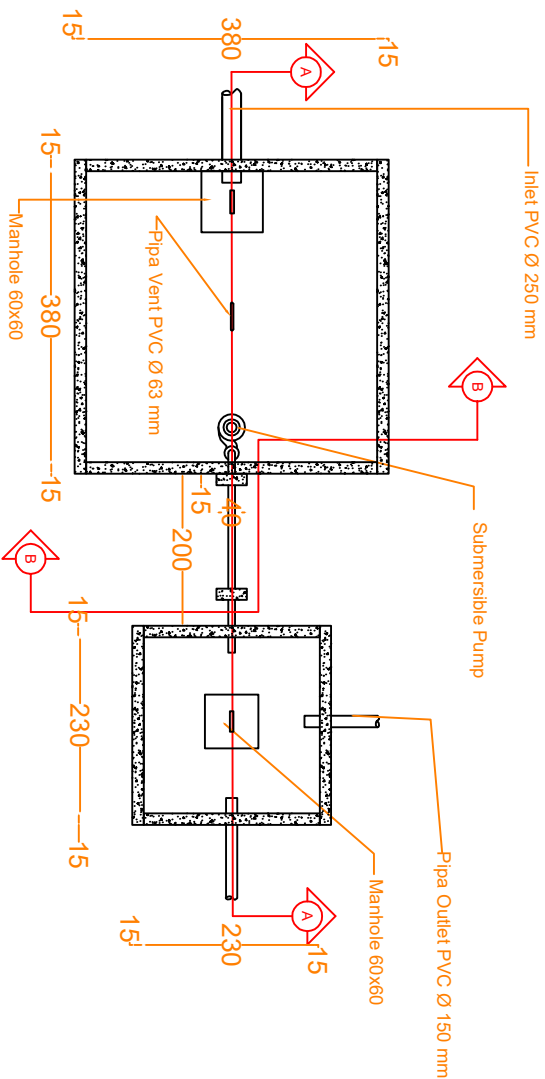
JUDUL GAMBAR:

BEDDING BETON DAN TUTUP MANHOLE

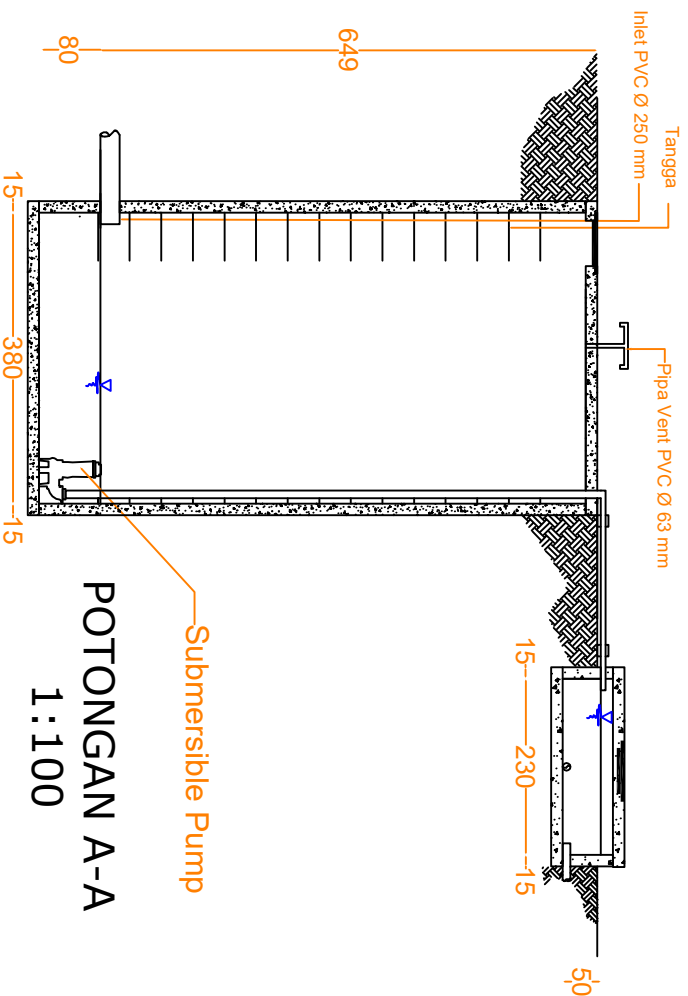
GAMBAR C.17

SKALA

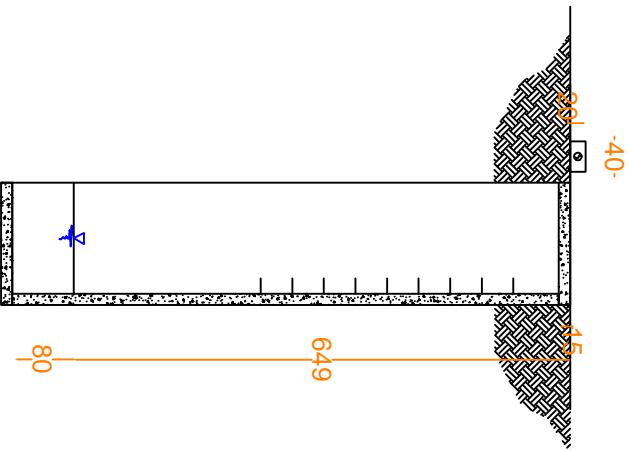
1:20



DENAH SUMUR PENGUMPUL
1:100





POTONGAN A-A
1:100

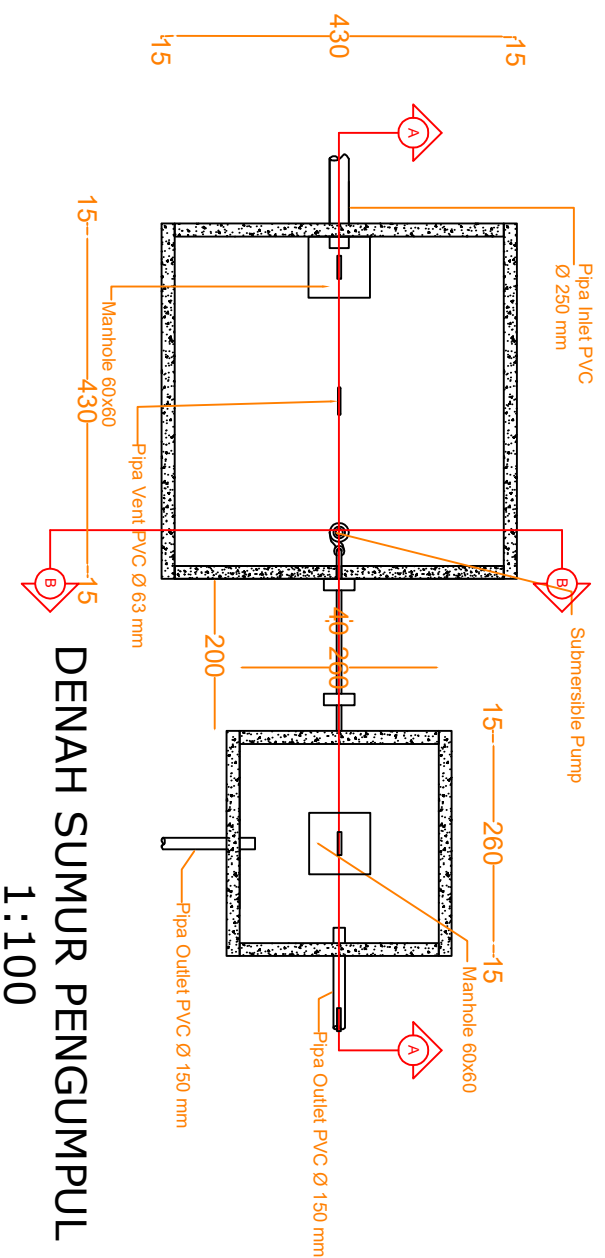


POTONGAN B-B
1:100



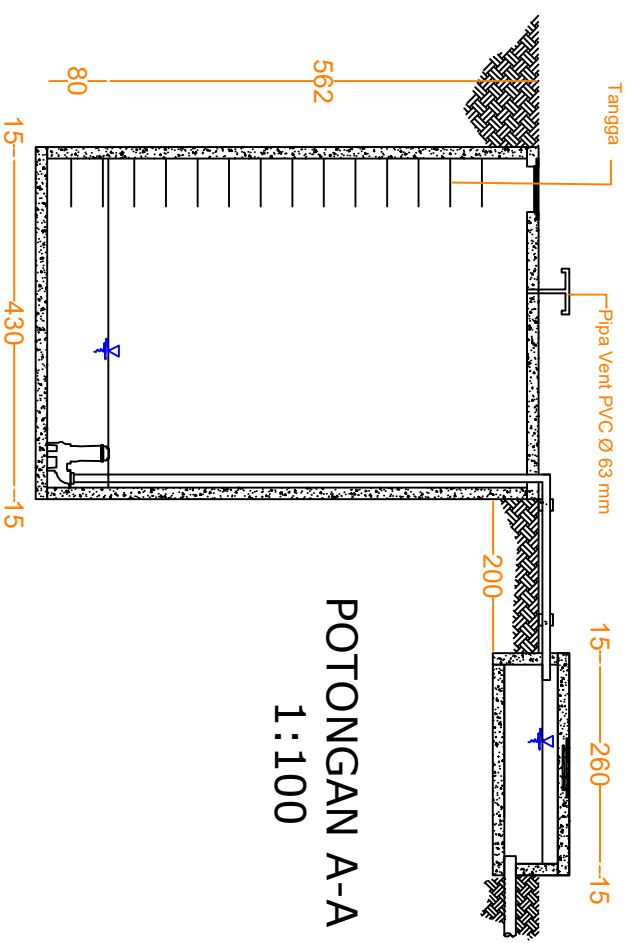
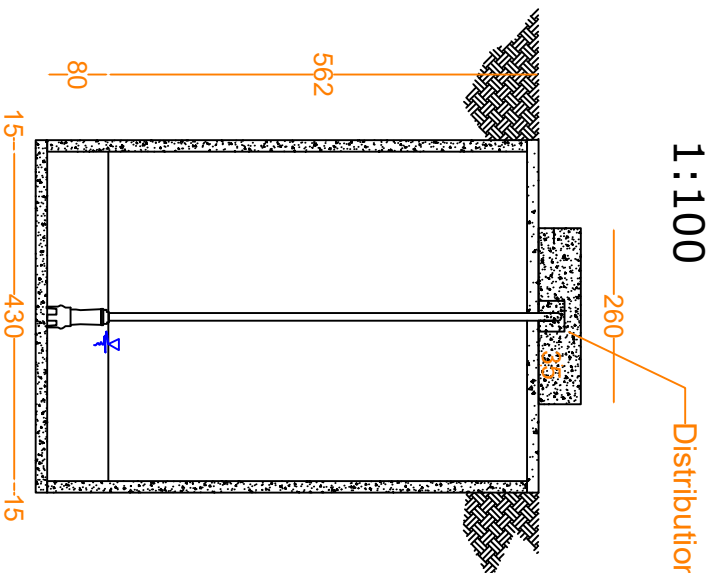
 = Beton
 = Tanah

INSTITUT: DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA	
DOSEN PEMBIMBING: Ir. Eddy Setiadi Soedjono, Dipl.SE,M.Sc,Ph.D	
MAHASISWA PERENCANA: Ahmad Shodiq - 3312100068	
JUDUL GAMBAR: SUMUR PENGUMPUL WILAYAH 1 (TERUNGWETAN - TERUNGKULON)	
GAMBAR C.18	SKALA 1:100





DENAH SUMUR PENGUMPUL
1:100

POTONGAN B-B
1:100



POTONGAN A-A
1:100



 = Beton
 = Tanah

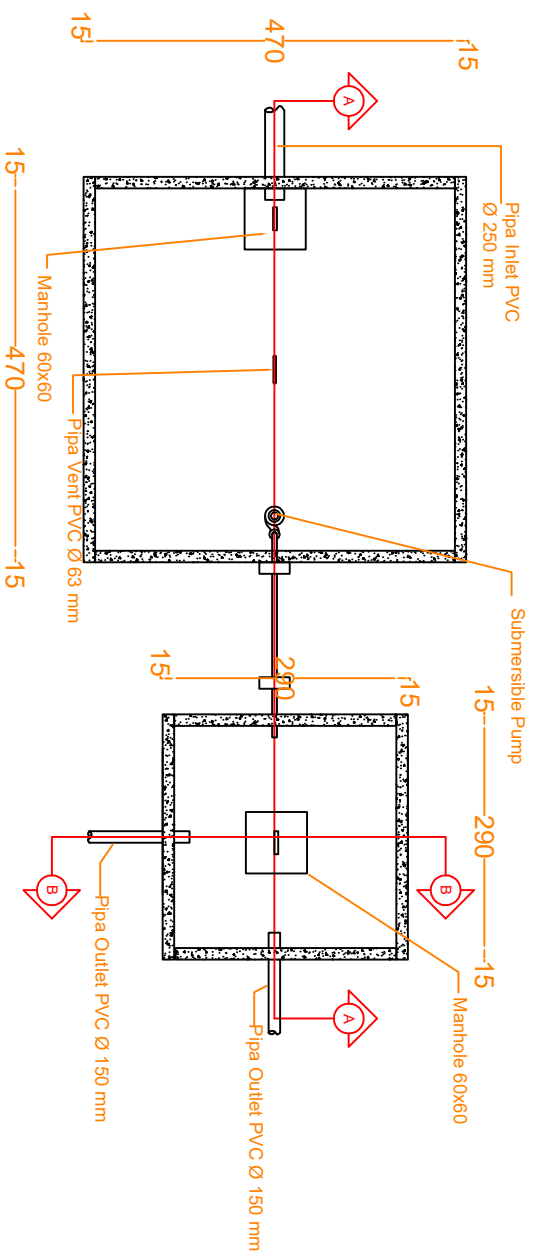
INSTITUT:
 DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 SURABAYA

DOSEN PEMBIMBING:
 Ir. Eddy Setiadi Soedjono, Dipl.SE.M.Sc.Ph.D

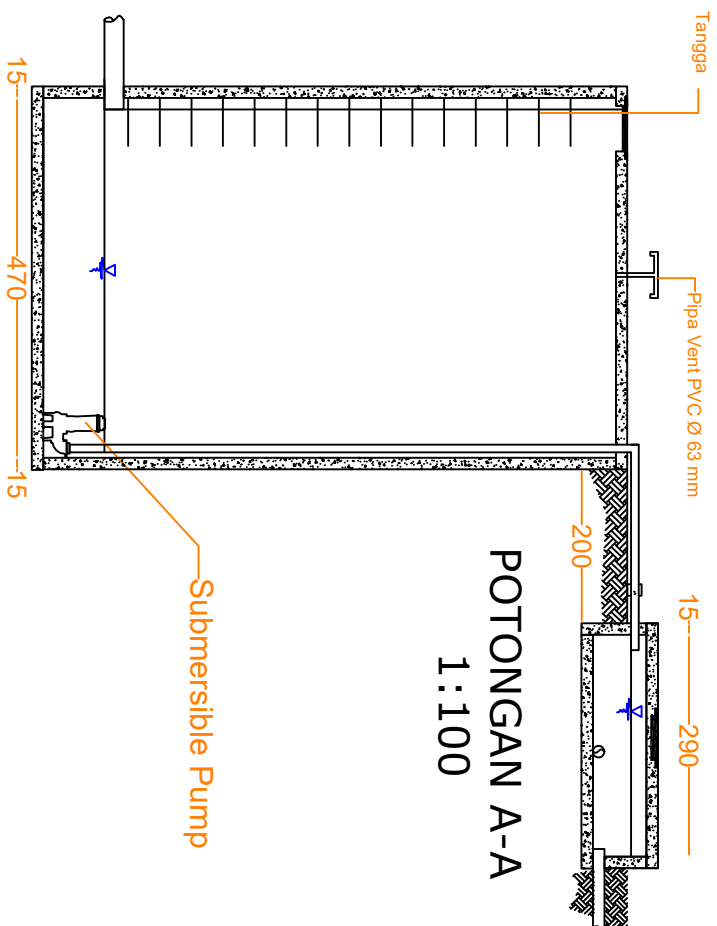
MAHASISWA PERENCANA:
 Ahmad Shodiq - 3312100068

JUDUL GAMBAR:
 SUMUR PENGUMPUL WILAYAH 3
 (GAMPING - TERIK)

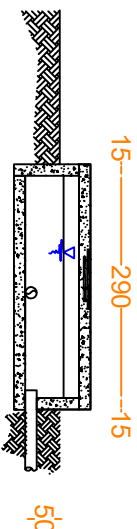
GAMBAR C.20	SKALA
	1:100



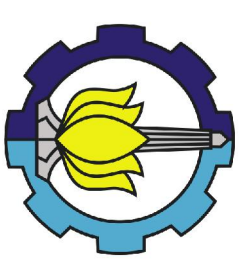
DENAH SUMUR PENGUMPUL
1:100





POTONGAN A-A
1:100



POTONGAN B-B
1:100



 = Beton
 = Tanah

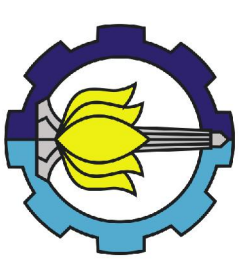
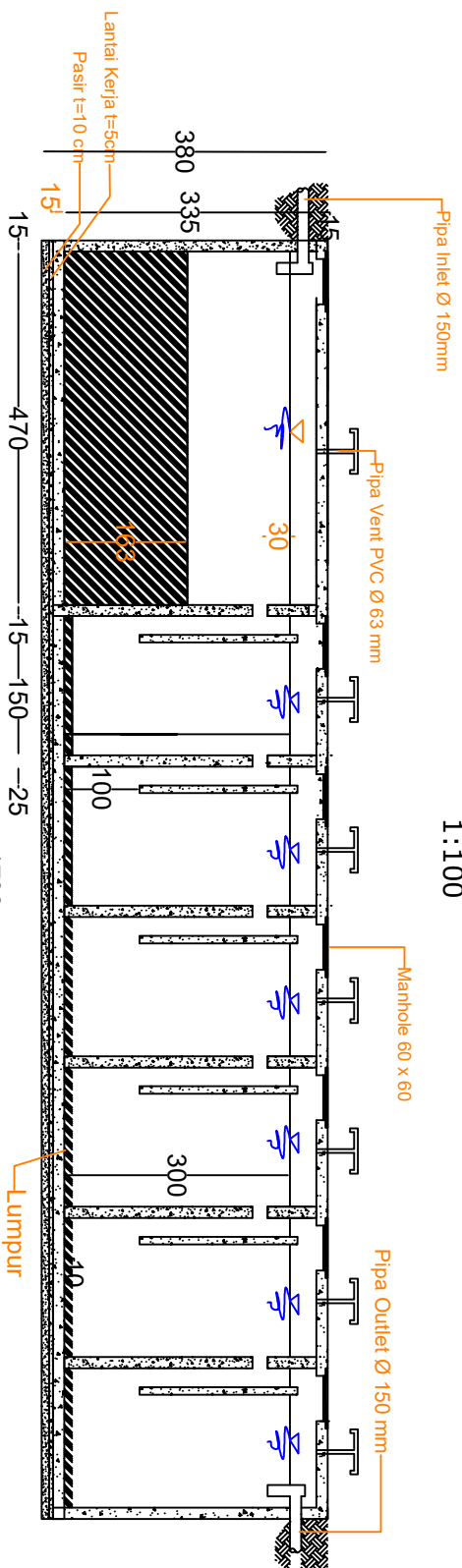
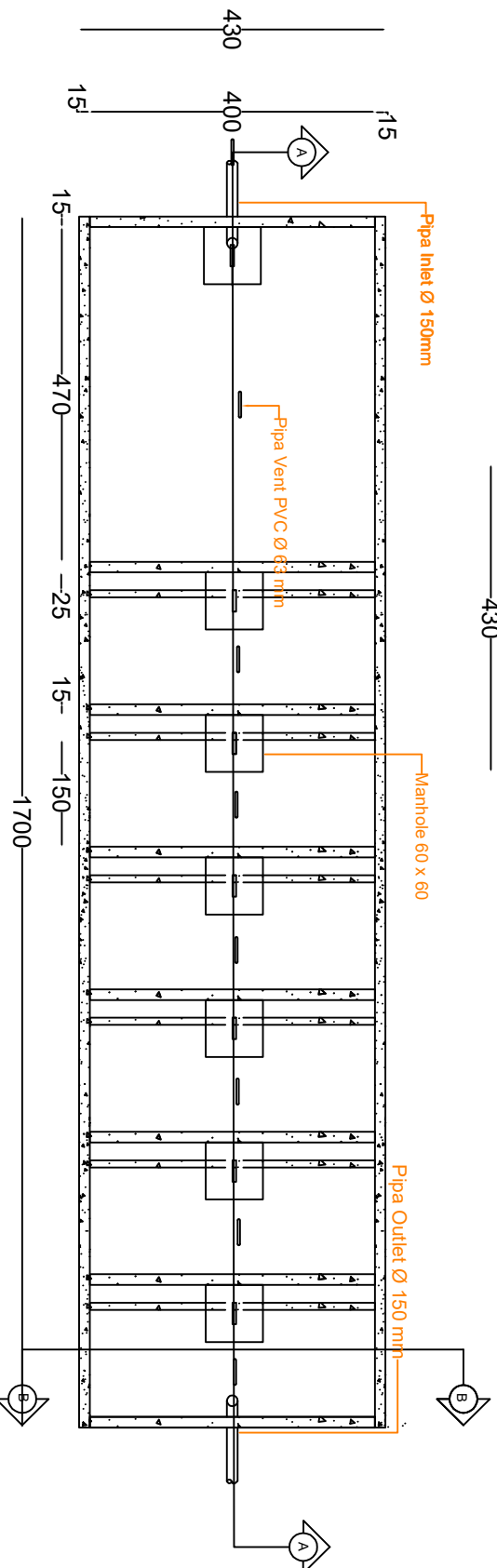
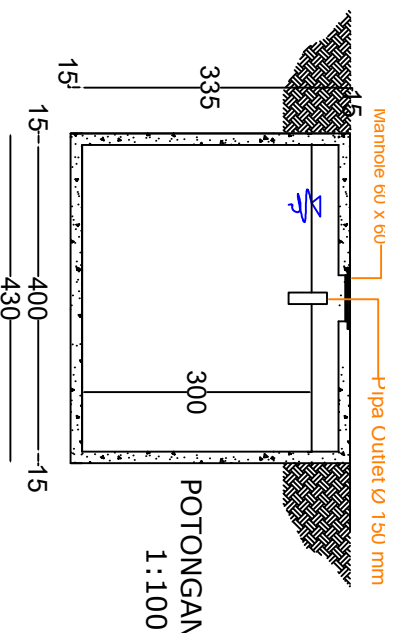
INSTITUT:
 DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 SURABAYA



DOSEN PEMBIMBING:
 Ir. Eddy Setiadi Soedjono, Dipl. SE. M. Sc. Ph. D

MAHASISWA PERENCANA:
 Ahmad Shodiq - 3312100068

JUDUL GAMBAR:
 SUMUR PENGUMPUL WILAYAH 4 (KRATON)

GAMBAR C.21 SKALA
 1:100



 = Beton
 = Tanah

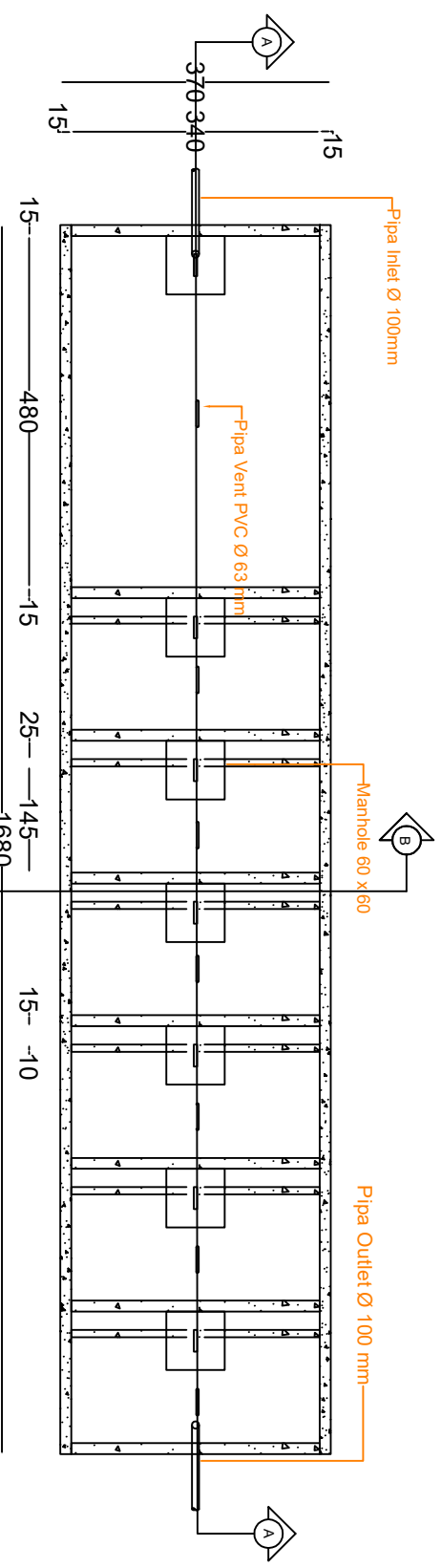
INSTITUT:
 DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 SURABAYA

DOSEN PEMBIMBING:
 Ir. Eddy Setiadi Soedjono, Dipl. SE, M.Sc, Ph.D

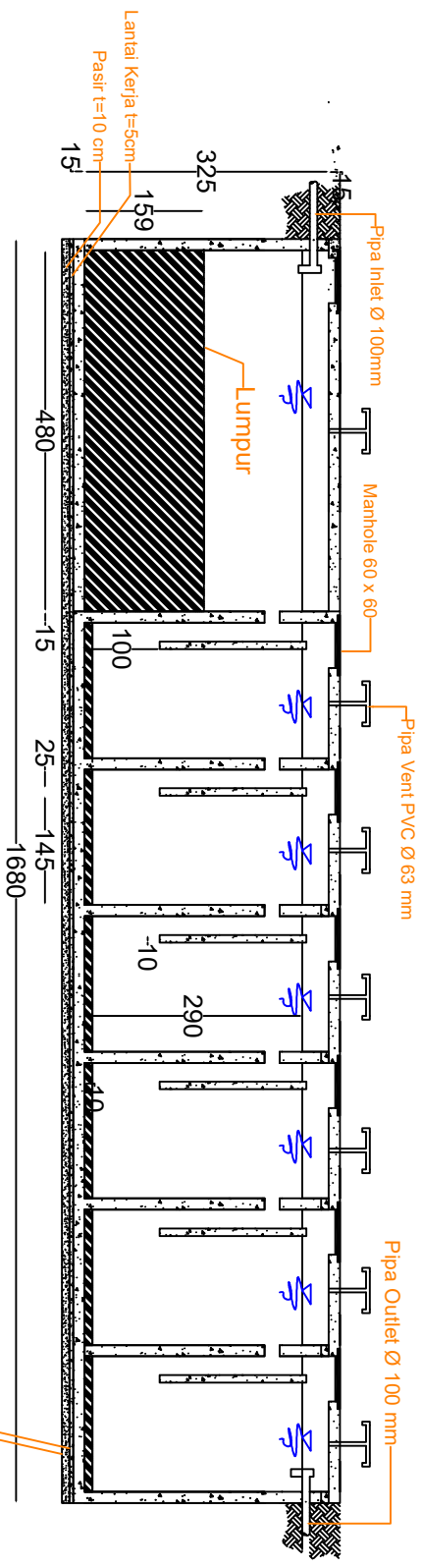
MAHASISWA PERENCANA:
 Ahmad Shodiq - 3312100068

JUDUL GAMBAR:
 ABR WILAYAH 1 (TERUNGWETAN -
 TERUNGKULON)

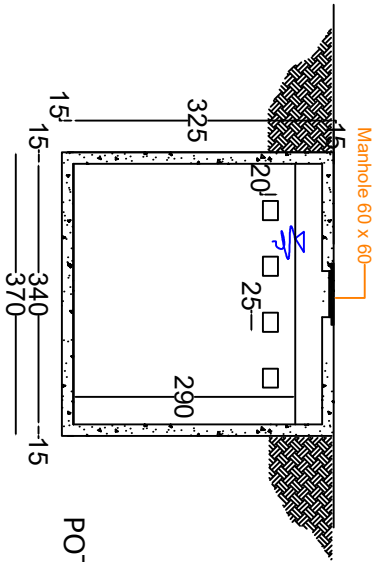
GAMBAR C.22
 SKALA
 1:100



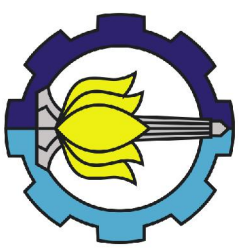
DENAH
1:100





POTONGAN A-A
1:100



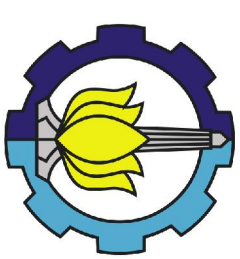
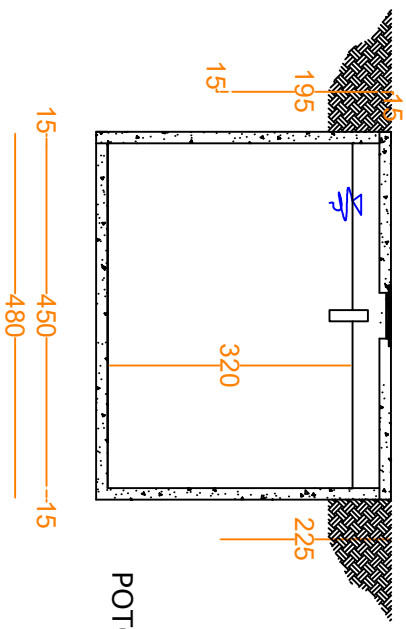
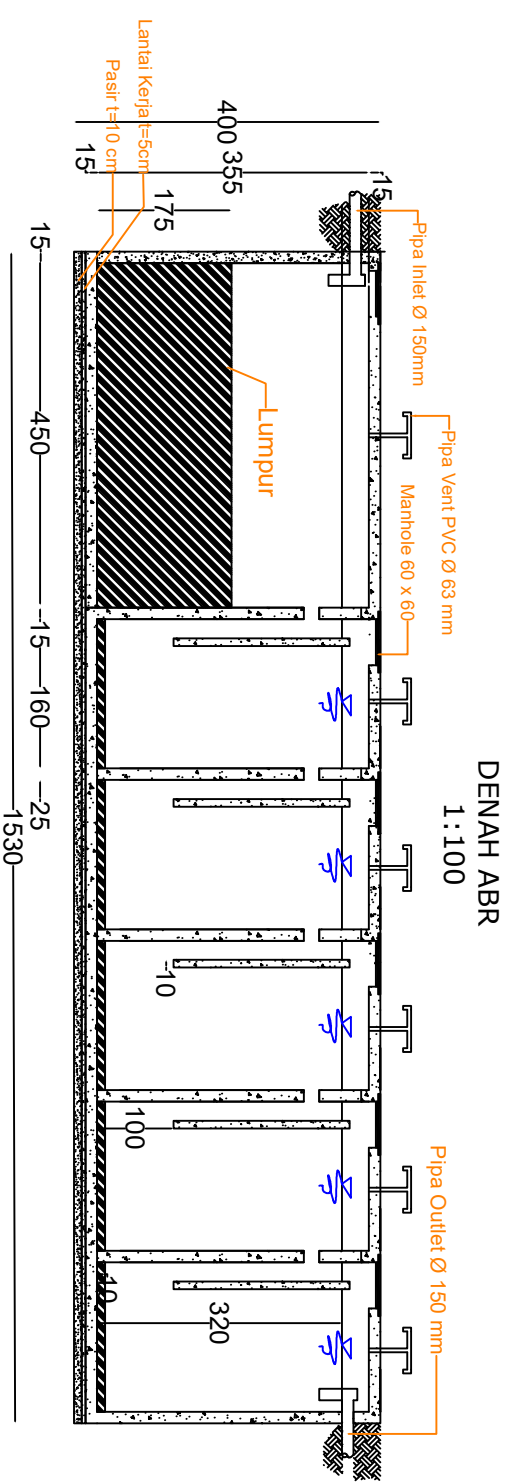
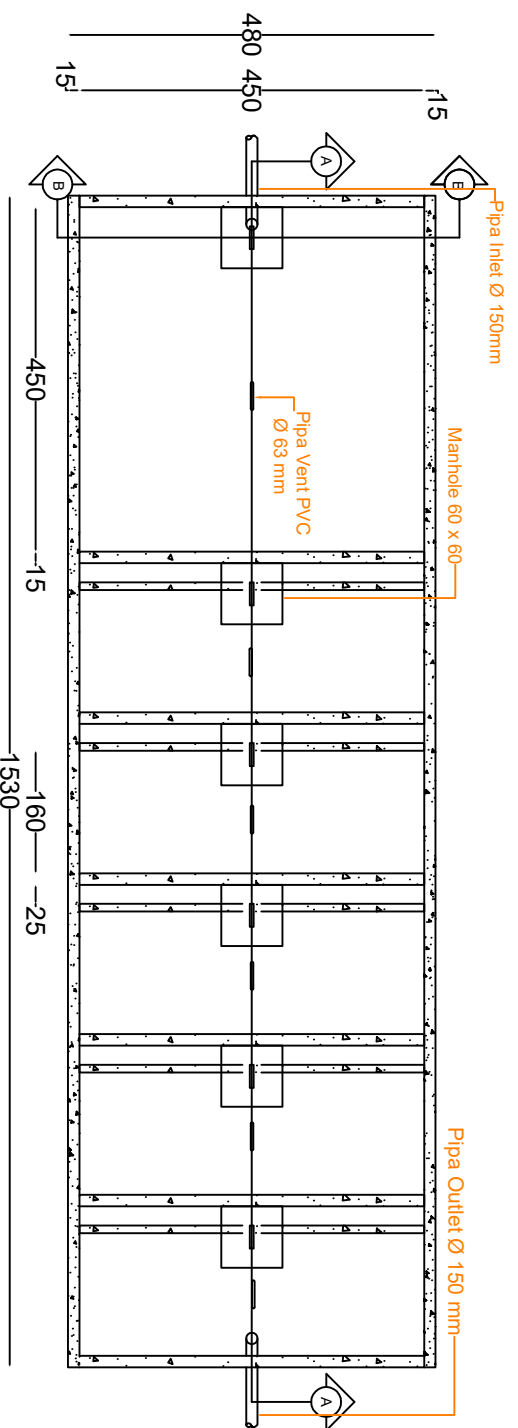
POTONGAN B-B
1:100





 = Beton
 = Tanah

INSTITUT:
 DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 SURABAYA
DOSEN PEMBIMBING:
 Ir. Eddy Setiadi Soedjono, Dipl. SE.M.Sc.Ph.D
MAHASISWA PERENCANA:
 Ahmad Shodiq - 3312100068
JUDUL GAMBAR:
 ABR WILAYAH 2 (JERUKGAMPING1)

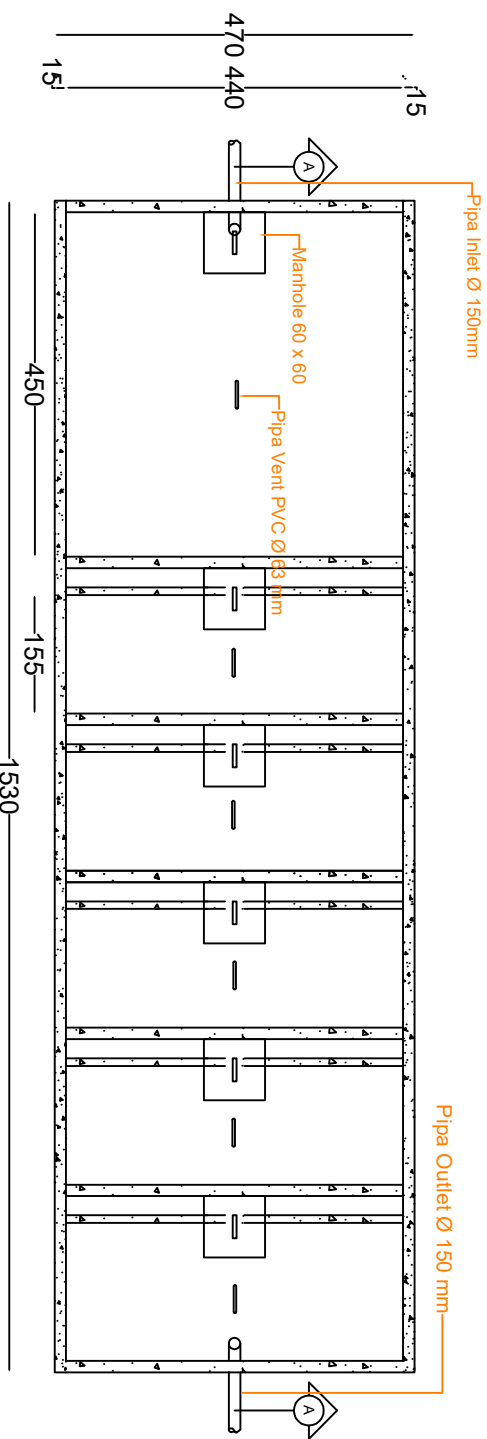
GAMBAR C.23
 SKALA
 1:100



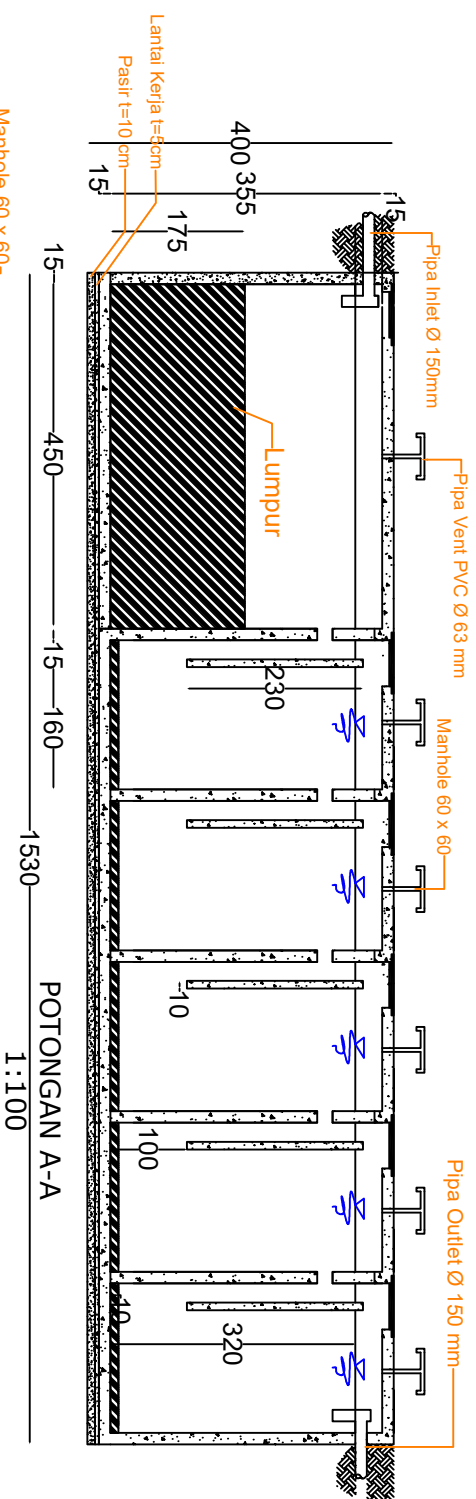
 = Beton
 = Tanah

INSTITUT:
 DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 SURABAYA
DOSEN PEMBIMBING:
 Ir. Eddy Setiadi Soedjono, Dipl.SE.M.Sc.Ph.D
MAHASISWA PERENCANA:
 Ahmad Shodiq - 3312100068
JUDUL GAMBAR:
 ABR WILAYAH 3 (GAMPING-TERIK)

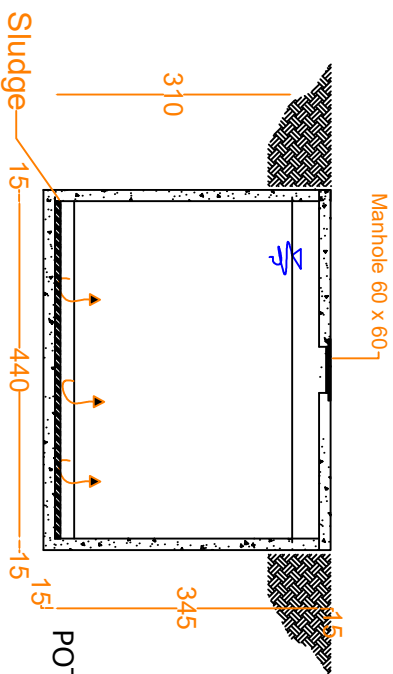
GAMBAR C.24	SKALA 1 : 100
-------------	------------------



DENAH
1:100





POTONGAN A-A
1:100



POTONGAN B-B
1:100



 = Beton
 = Tanah

INSTITUT:
 DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 SURABAYA

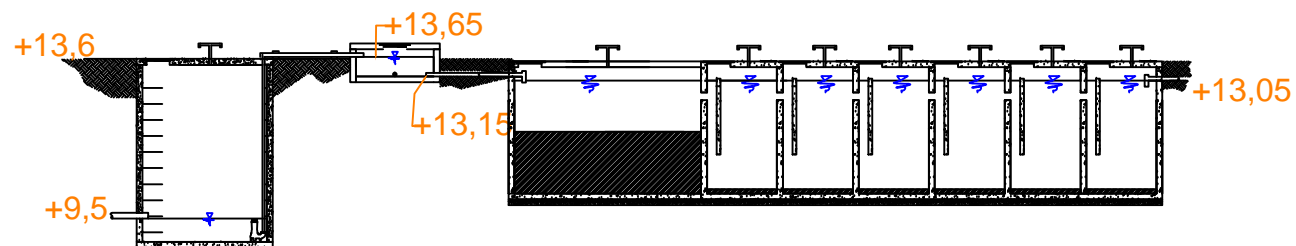
DOSEN PEMBIMBING:
 Ir. Eddy Setiadi Soedjono, Dipl.SE.M.Sc.Ph.D

MAHASISWA PERENCANA:
 Ahmad Shodiq - 3312100068

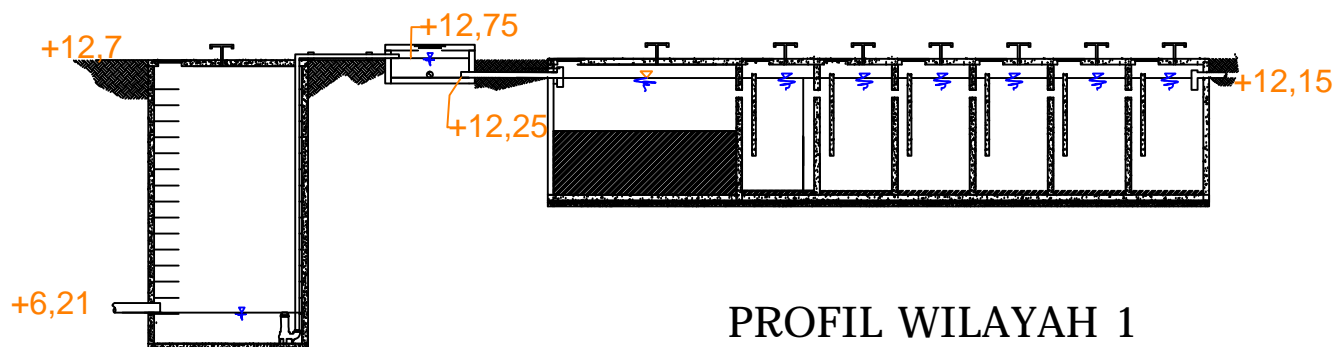
JUDUL GAMBAR:
 ABR WILAYAH 4 (KRATON)

GAMBAR C.25



SKALA
 1:100



PROFIL HIDROLIS WILAYAH 2
1:200



PROFIL WILAYAH 1
1:200

-  = Beton
 = Tanah

INSTITUT:
DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

DOSEN PEMBIMBING:
Ir. Eddy Setiadi Soedjono, Dipl.SE.M.Sc.Ph.D



MAHASISWA PERENCANA:
Ahmad Shodiq - 3312100068

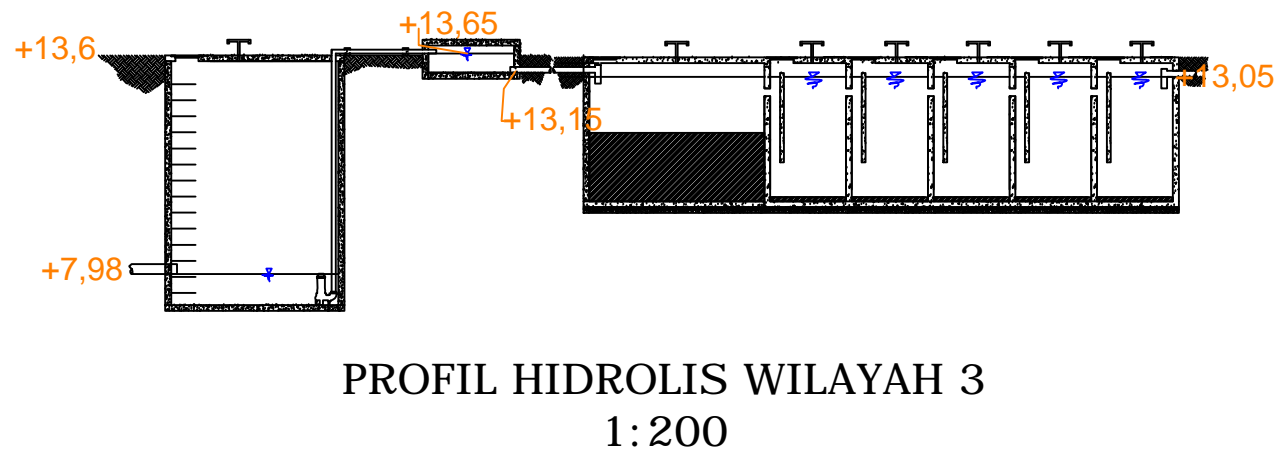
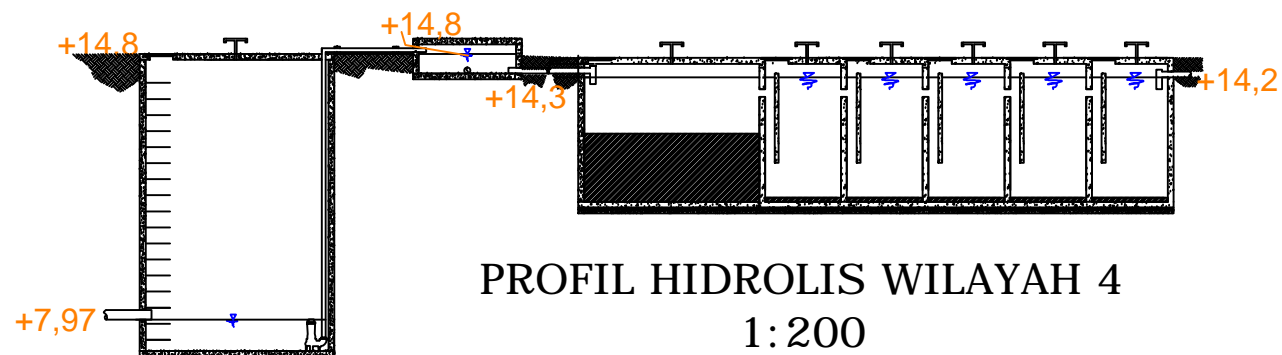
JUDUL GAMBAR:
PROFIL HIDROLIS IPAL WILAYAH 1 DAN 2

GAMBAR C.26

SKALA
1:200



 = Beton
 = Tanah



INSTITUT:
DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

DOSEN PEMBIMBING:
Ir. Eddy Setiadi Soedjono, Dipl.SE.M.Sc.Ph.D

MAHASISWA PERENCANA:
Ahmad Shodiq - 3312100068

JUDUL GAMBAR:
PROFIL HIDROLIS IPAL WILAYAH 3 DAN 4

GAMBAR C.27

SKALA
1:200

LAMPIRAN D PENDUKUNG

“Halaman ini sengaja dikosongkan.”

APPLICATIONS

- Sewage • Kitchen drains • Industrial water drainage

FEATURES

1. Unique impeller design prevents overload under severe conditions. The impeller is designed to be self-aligning for Model DLY and enclosed flange type (Model DLY) to prevent prevent pump clog by foreign matter.
2. The protective device built into the motor prevents the motor from overheating and burning out under conditions of abnormal temperature rise of the coil. (Refer to the last page of this catalog for details.)
3. The quick-disconnect connector facilitates installation and maintenance.

ACCESSORIES

- Submersible cable 100m • Compensation flange (1 set)

STANDARD SPECIFICATIONS

Transfer liquid: Sewage and wastewater
Liquid temperature: 5°C ~ 35°C (5 ~ 95°F)
Ambient temperature: 11°C ~ 40°C (51 ~ 104°F)

Model DLY: 11 ~ 40mm (1/2 ~ 3/4")
Model DLY: 54 ~ 31mm (2 ~ 1 1/4")

Structure: Impeller: Non-clog, anti-clog for sewage

Flange: Enclosed, Non-clog, Model DLY

Material: Cast iron, Cast iron, Cast iron

Motor: Type: Air cooled, Air cooled, Air cooled

Protection: 2.5kW, 2.5kW, 2.5kW

Built-in temperature detector protection (up to 65°C)

Number of poles: 4 poles

Maximum electrical loads

Model: 1000L, 1000L, 1000L

Size: 1000L, 1000L, 1000L

Power: 1000L, 1000L, 1000L

Speed: 1000L, 1000L, 1000L

Efficiency: 1000L, 1000L, 1000L

Current: 1000L, 1000L, 1000L

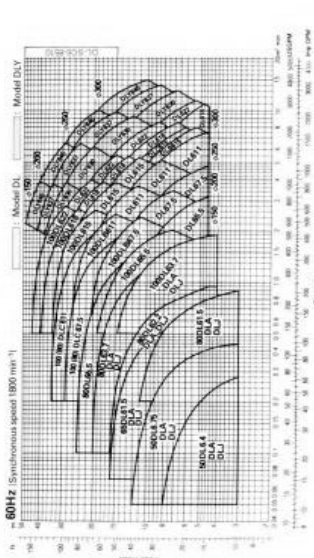
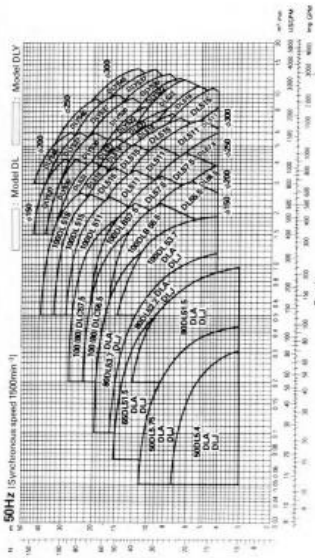
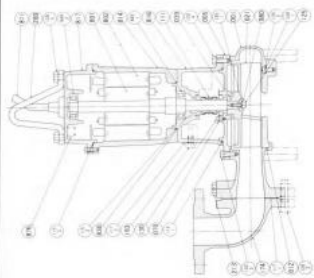
Power factor: 1000L, 1000L, 1000L

Temperature: 1000L, 1000L, 1000L

Vibration: 1000L, 1000L, 1000L

Sound: 1000L, 1000L, 1000L

SECTIONAL VIEW



Symbols

80 DLY A 5 2.2

Motor output kW

Efficiency 50Hz 5, 60Hz 6

Model type

DLY: Automatic alternating type

Any new indicated at

Size mm

Any other indicated at

Size mm

Any other indicated at

Size mm

Any other indicated at

Size mm

Any other indicated at

Size mm

PT SANDAI INDAH JAYA

[company profile](#)
[contact us](#)
[our product](#)
[our service](#)
[how to order](#)

Open :
Monday - Friday
08.30 - 18.00
Saturday

Harga sewa/rental - tidak dapat berubah
 sesuai dengan harga yang USD dan EURO saat ini.
 Data persediaan di rumah ini
 sesuai dengan spesifikasi kebutuhan masing-masing industri.
 Untuk proyek, data pompa dan harga terbaru silahkan hubungi kami

EBARA PUMP (POMPA EBARA)

CENTRIFUGAL MULTI STAGE PUMP :

Mark : EBARA
 Type : 100X30 MS-2
 Cap. : 80 M3/Hr
 Head : 116 M
 Power : 50 KW/ 40 HP/ 3 Phase/ 380 V/ 50 HZ/ 2950 RPM
 Price : Rp 47.800.000,- / Unit C/W Motor Tecu, Coupling, Base Plate

SUBMERSIBLE SEWAGE PUMP :

Mark : EBARA
 Type : 30 DVS 31.5
 Price : Rp 1.280.000,- / Unit C/W Motor

+6221-4262877
 +6221-4263566
 +6221-4307449

fax

+6221-4264757

Harga Pompa

listrik.org/pln/tarif-dasar-listrik-pln/

Tarif Dasar Listrik PLN Desember 2017

Updated on 4 December 2017 by Listrik.org

PENETAPAN PENYESUAIAN TARIF TENAGA LISTRIK (TARIFF ADJUSTMENT) BULAN JULI - SEPTEMBER 2017

NO.	GOL. TARIF	BATAS DAYA	REGULER		PRA BAYAR (Rp/kWh)
			BIAYA BEBAN (Rp/kVA/bulan)	BIAYA PEMAKAIAN (Rp/kWh) DAN BIAYA kWh (Rp/kWh)	
1.	R-1/TR	900 VA-RTM	*)	1.352,00	1.352,00
2.	R-1/TR	1.300 VA	*)	1.467,28	1.467,28
3.	R-1/TR	2.200 VA	*)	1.467,28	1.467,28
4.	R-2/TR	3.500 VA	*)	1.467,28	1.467,28
5.	R-3/TR	s.d. 5.500 VA	*)	1.467,28	1.467,28
6.	B-2/TR	6.600 VA s.d. 200 KVA	*)	1.467,28	1.467,28
7.	B-3/TM	di atas 200 KVA	**) = K x	Blok WSP Blok LVWSP = 1.035,78 = 1.114,74 ****)	-
8.	I-3/TM	di atas 200 KVA	**) = K x	Blok WSP Blok LVWSP = 1.035,78 = 1.114,74 ****)	-
9.	I-4/TT	30.000 KVA ke atas	****)	Blok WSP dan Blok LVWSP = 996,74 = 996,74 ****)	-
10.	P-1/TR	6.600 VA s.d. 200 KVA	*)	1.467,28	1.467,28
11.	P-2/TM	di atas 200 KVA	**) = K x	Blok WSP Blok LVWSP = 1.035,78 = 1.114,74 ****)	-
12.	P-3/TR		*)	1.467,28	1.467,28
13.	L/TR, TM, TT		-	1.644,52	-

Biaya Listrik

surabaya.tribunnews.com/2015/09/11/olah-air-mahal-pdam-sidoarjo-jual-air-tangki-dari-umbulan

Kamis, 28 Desember 2017

Surabaya

Home News Surabaya Malang Jatim Sport Citizen Reporter Lapsus Laporan Cak Seleb Sempang Lainya

truk tangki.

Menurut Direktur Pelayanan PDAM, Bhima Arts Dyanoto, penjualan air tangki ini merupakan inovasi untuk menyiasati minimnya jaringan pipa.

"Semangatnya, semua masyarakat bisa menikmati air kami, meski pipa kami belum bisa menjangkau mereka," ujarnya. Selasa (11/9/2015).

Untuk menjangkau seluruh kawasan Sidoarjo, PDAM memiliki 11 armada truk tangki berukuran 4.000 dan 5.000 liter.

Jumlah pengguna rumah tangga mulai naik tiap waktunya. Selama ini, konsumen air tangki masih didominasi konsumen industri.

"Konsumen tangki memang banyak industri. Tetapi jumlah pelanggan rumah tangga terus meningkat," kata Bhima.

Dia mengungkapkan, dalam satu bulan penjualan air tangki ini mencapai 4500 meter kubik. Satu meter kubik berisi 1000 liter.

PDAM menjual air tangki lebih mahal karena jaringan pipa. Namun, Bhima mengklaim harga airnya lebih murah dibandingkan air sorupa yang dijual gerobak.

Dia mengungkapkan, untuk permeter kubiknya, PDAM memasang tarif Rp 10.000.

Ketahui Orangtuanya
Judean Batur, Realita Sadi
Shofie Makjeda, Ungku...

BREAKING NEWS
Kondisikan Berangkat di
Peragaan Purwosari, Jal...

BREAKING NEWS
Tolak
Berkas Rumah, Warga
Blokade Jalan Kalsan...

Trenyuh, Tinggal
Sedang Kita, Nenek
Asal Bondowoso Ini Cu...

PinJualBul

Moncler Grand City Tahun 1991
Baru Oh Barun Dan Pasi
42 mnt 10u Bungk Bungk

Moncler Car Built Up Thailand
2000 Plus 40 Year Kematil
52 mnt 10u Jono Tongah

Moncler Sutan Sutaner Timur
2000 Plus 40 Year Kematil
52 mnt 10u Bungk Bungk

Cari barangnya

Posting Baru

TRBNews.com Network © 2017 - All rights reserved - Help
privacy policy - feedback - Media User - Terms of Use

Biaya Gelontor

https://www.gajiumr.com/gaji-umr-jawa-timur/

TIMUR

Untuk di Jawa Timur sendiri , nilai besaran gaji umr kota Surabaya industri di kota-kota sekitarnya yang umk-nya juga melewati an sampai 10 ribu rupiah saja seperti umk Jatim tahun 2017 yang l penyebaran industri dan perekonomian yang cukup merata di i pendukungnya tersebut terlihat stabil dan cenderung dinamis.

DAFTAR GAJI UMR KABUPATEN DAN KOTA 2018

UMK Kota Surabaya Rp 3.583.312.61

UMK Kabupaten Gresik Rp 3.580.369.56

UMK Kabupaten Sidoarjo Rp 3.577.428.68

UMR Sidoarjo

KEGIATAN ASISTENSI TUGAS AKHIR

Nama : Annas Sholah
 NRP : 122.02.001
 Judul Tugas Akhir : Perencanaan SPALD dan SPALD di Kecamatan Krian Kabupaten Sidoarjo

No	Tanggal	Keterangan Kegiatan / Pembahasan	Paraf
1	11-8-17	Kurang lengkap, revisi SPAL	
2	13-9-17	Alternatif pengalihan IPAL	
3	21-9-17	Revisi Sistem SPAL	
4	22-9-17	See 1-3	
5	4-10-17	lokasi benjir, pengaliran	
6	20-11-17	Hasil Perhitungan	
7	11-12-17	Detail Geotekstur	
8	20-12-17	Mas balance, proses anasir	

Surabaya, 22 Desember 2017
 Dosen Pembimbing


 Widy Sekeloa
 Dosen Pembimbing



FORMULIR PERBAIKAN LAPORAN TUGAS AKHIR

Nama : Ahmad Shadiq
NRP : 3302100069
Judul Tugas Akhir : Perencanaan Sistem Pengaliran Air Limbah Domestik
dan Instalasi Pengolahan Air Limbah Domestik di Kecamatan Krajan

No	Saran Perbaikan (sesuai Form UTA-02)	Tanggapan / Perbaikan (bila perlu, sebutkan halaman)
1	Isilah shallow sewer dengan kriteria desain di cek	- Penambahan kriteria desain
2	Cek Gambar	- Penyempurnaan dan revisi gambar
3	Tulis sumber infiltrasi	- Penambahan keterangan
4	Perhitungan bobot, total kembali 100%	- Perubahan perhitungan
5	Hitung tinggi renang	- Perhitungan tinggi renang ditambah
6	Cek penulisan	- Koreksi penulisan
7	Ulangi perhitungan biogas	- revisi perhitungan biogas
8	Penentuan nilai skor di per selanj	- Koreksi dan penambahan keterangan
9	Cek penamaan pipa	- Koreksi perhitungan

Dosen Pembimbing,

Dr. Eddy Setyadi Sedyono Dip. SE MSc PhD

Mahasiswa Ybs., 19 Juli 2018

Ahmad Shadiq



PROGRAM SARJANA JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN FTSP-ITS
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN-ITS
Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111. Telp: 031-5948886, Fax: 031-5928387

UTA-S1-TL-02 TUGAS AKHIR
Periode: *awal* 2017/2018

Kode/SKS : RE141581 (0/6/0)
No. Revisi: 01

FORMULIR TUGAS AKHIR UTA-02
Formulir Ringkasan dan Saran Dosen Pembimbing
Ujian Tugas Akhir

Hari, tanggal : Jumat, 29-Dec-17

Nilai TOEFL 573

Pukul 15.30

Lokasi : TL-104

Judul Perencanaan Sistem Penyaluran Air Limbah Domestik (SPALD) dan Instalasi Pengolahan Air Limbah Domestik (IPALD) di Kecamatan Krian, Kabupaten Sidoarjo

Nama Ahmad Shodiq

NRP. 3312100068

Topik Perencanaan

Tanda Tangan

No./Hal.	Ringkasan dan Saran Dosen Pembimbing Ujian Tugas Akhir
1.	<p><i>Mohon menyiapkan artikel.</i></p> <p><i>[Signature]</i> <i>19/18</i></p>

Dosen Pembimbing akan menyerahkan formulir UTA-02 ke Sekretariat Program Sarjana
Formulir ini harus dibawa mahasiswa saat asistensi kepada Dosen Pembimbing
Formulir dikumpulkan bersama revisi buku setelah mendapat persetujuan Dosen Pembimbing

Berdasarkan hasil evaluasi Dosen Penguji dan Dosen Pembimbing, dinyatakan mahasiswa tersebut:

1. Lulus Ujian Tugas Akhir
2. harus mengulang Ujian Tugas Akhir semester berikutnya
3. Tugas Akhir dinyatakan gagal atau harus mengganti Tugas Akhir (lebih dari 2 semester)

Dosen Pembimbing

Ir Eddy Setiadi Soedjono Dipl SE., M.Sc., PhD